

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 MARS 1935.

PRÉSIDENCE DE M. Pierre DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur M.* Theobald Smith,
par M. **Emmanuel Leclainche.**

Né à Albany, dans l'État de New-York, le 31 juillet 1859, Theobald Smith est docteur en médecine de l'Albany Medical School en 1883. Attaché comme assistant, puis comme chef de section au Bureau de l'Industrie animale de Washington, il est en même temps professeur à la Columbia University de 1885 à 1896. Il abandonne ces situations pour occuper à la Harvard University de Boston la chaire de zoologie appliquée et de pathologie comparée et diriger le Laboratoire des antitoxines et vaccins du Conseil de santé du Massachusetts. Dès la fondation de l'Institut Rockefeller de New-York pour la recherche médicale, Smith est appelé à diriger à Princeton le service des maladies animales. Il est vice-président du Conseil de direction scientifique en 1924 et président en 1933.

Les travaux de Smith s'appliquent à la bactériologie, à l'immunologie, à la parasitologie et à l'histopathologie; ils aboutissent dans tous ces domaines à des découvertes d'une importance capitale.

En 1884, avec Salmon, il démontre la présence habituelle dans le choléra du porc d'une bactérie paratyphique pathogène, que l'on sait aujourd'hui ne jouer qu'un rôle secondaire dans l'évolution provoquée par un virus filtrant. Pour la première fois, la démonstration est apportée qu'un état d'immunité peut être conféré par l'inoculation des bactéries tuées, notion féconde qui devait être largement utilisée par la suite.

De 1889 à 1893, Smith étudie avec Kilborne la fièvre du Texas, importée

de l'Amérique du Sud, qui cause des pertes énormes dans les États du Sud-Ouest. Il montre qu'elle est due à un protozoaire vivant dans les hématies et que ce pirosome, ou piroplasme, joue chez l'animal le même rôle que le plasmodium de Laveran chez l'homme. La découverte est d'un intérêt capital au point de vue scientifique, mais elle ne résoud nullement le problème de la prophylaxie. La recherche d'un vaccin paraît vaine, alors que les parasites persistent indéfiniment dans les organismes parasités. L'observation montre que la contagion directe ne joue pas un rôle appréciable dans l'étiologie; le virus doit donc être apporté par un intermédiaire et l'étroite localisation géographique de la maladie semble indiquer qu'il s'agit d'un vecteur animé, présent seulement sous certaines latitudes. Smith et Kilborne établissent, par une série d'ingénieuses recherches, que le convoyeur des Piroplasmes est une tique (*Boophilus annulatus*). Celle-ci passant toute son existence sur un même animal, ce sont les tiques filles, nées d'œufs parasités rejetés dans le milieu extérieur, qui, implantées sur un nouvel hôte et parvenues à l'âge adulte, ou tout au moins à l'état de nymphes, provoqueront l'inoculation du piroplasme et l'évolution de la piroplasmose. La prophylaxie doit donc consister en la destruction des gîtes qui abritent les tiques nées à l'état libre. C'est cette méthode qui a été et est encore appliquée avec succès dans les régions envahies des États-Unis.

En 1893, Smith aborde le problème de la tuberculose; il confirme la différenciation des bacilles tuberculeux de l'homme et du bœuf par l'étude de leur virulence, et il insiste sur la pluralité des races du bacille.

Ses études sur l'immunobiologie portent sur la formation des toxines et des antitoxines diphtérique et tétanique (1895). Il remarque la sensibilisation des cobayes par une première inoculation de sérum à l'égard d'une inoculation consécutive (phénomène de Smith), découvrant ainsi l'anaphylaxie sérique.

En 1894, il montre qu'une « maladie spéciale » est provoquée chez les cobayes nourris de graines, à l'exclusion d'aliments verts, et que l'on réalise ainsi un scorbut expérimental par carence de la vitamine C.

De 1910 à 1920, Smith étudie la typhlo-hépatite des dindons (Blackhead), due à un protozoaire (*Histomonas meleagridis*); la maladie est provoquée par l'ingestion d'œufs fécondés d'*Heterakis papillosa*, les nématodes ouvrant une porte d'entrée aux flagellés dans la muqueuse intestinale.

Étudiant l'avortement épizootique à bacille de Bang, Smith constate que des spirilles (*Vibrio fœtus*) sont capables de provoquer le même acci-

dent et que l'on peut provoquer expérimentalement l'expulsion prématurée des fœtus par l'inoculation de cultures pures.

La prophylaxie de la tuberculose par la « méthode de Bang », comportant la séparation des nouveau-nés de leur mère immédiatement après l'accouchement, entraîne souvent une série d'accidents mortels que la privation du colostrum ne suffit pas à expliquer. Smith établit que le lait colostral renferme des substances protectrices accumulées pendant les dernières périodes de la lactation; ces immunisines, produites chez la mère par les germes pathogènes tolérés par un organisme vacciné, procurent au nouveau-né un état passager d'immunité (immunité transmise) qui lui permet de traverser sans trop de risques la période du premier âge. Cette conception originale, applicable à toutes les espèces de mammifères et à l'homme, a été à peine entamée par la suite; elle explique seule des faits courants d'observation et elle comporte des indications simples et précises.

Smith eut à Princeton de nombreux élèves, venus de toutes les parties du monde pour s'initier à ses méthodes et bénéficier de ses conseils. Tous vantent la cordialité de son accueil et le charme de son commerce. Le Rockefeller Institute a donné le nom de Smith au bel édifice destiné à recevoir les travailleurs étrangers. Le *Theobald Smith's Club*, si accueillant, avec ses vues sur le lac Carnegie et sur la masse imposante des laboratoires de Princeton, évoquera pour ses hôtes le souvenir d'un savant aussi grand que modeste.

Smith reçut tous les honneurs qui peuvent être décernés à un homme de science. En 1933, en même temps que la Société Royale de Londres le nommait membre associé, l'Académie des Sciences le désignait comme Correspondant. Nous savons qu'il fut particulièrement sensible à cet hommage.

Smith est mort, à Princeton, le 10 décembre 1934, après une courte maladie.

En faisant hommage à l'Académie de la deuxième édition du livre de M. Émile Sevin, intitulé *Gravitation, lumière et électromagnétisme*, dont il a écrit la *Préface*, M. **Maurice d'Ocagne** dit que, dans la première édition, datant de 1930, l'auteur se bornait à étudier l'univers statique. En plus du texte de cette première édition, la nouvelle renferme la reproduction de Notes parues depuis lors dans les *Comptes rendus* et qui sont consacrées, les

unes à des compléments relatifs à l'univers statique, et les autres, plus nombreuses que les précédentes, à l'univers dynamique. Ces Notes aboutissent à une explication des plus plausibles, d'une part, du rayonnement cosmique, et, d'autre part, du déplacement vers le rouge des raies spectrales des nébuleuses. D'après cette théorie de M. Sevin, strictement conforme aux principes de la thermodynamique, l'univers tend vers un état final caractérisé par un maximum de l'entropie qu'elle atteint en croissant d'une façon continue.

M. **Niels Erik Nörlund** fait hommage à l'Académie de la première partie d'un Mémoire intitulé *Seismische Feldarbeiten in Dänemark durchgeführt vom Geodätischen Institut in den Jahren* 1932-1933.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Étude sur l'évolution des méthodes modernes d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre*, par N. Saltykow.

2° *Alimentation en eau des villes. Évacuation des eaux usées et des eaux résiduaires*. Livre I. *Épuration des eaux et assainissement des cours d'eau*, par M. Diénert. (Présenté par M. Gabriel Bertrand.)

M. **Armand Lambert** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Astronomie par le décès de M. *Benjamin Baillaud*.

M. **Roger Heim** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1934.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les dérivées des noyaux de Mercer.* Note [1] de M. **Mark Krein**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous appelons *noyau de Mercer* un noyau continu symétrique et réel $K(x, \xi)$ $(a \leqq x, \xi \leqq b)$ si l'équation intégrale

$$\varphi(x) - \lambda \int_a^b K(x, \xi)\, \varphi(\xi)\, d\xi = 0$$

n'a qu'un nombre fini de valeurs caractéristiques négatives.

Si $K(x, \xi)$ est un noyau de Mercer, alors, quelle que soit la fonction monotone croissante $\sigma(x)$, l'équation intégrale *chargée*

$$\text{(A)} \qquad \varphi(x) - \lambda \int_a^b K(x, \xi)\, \varphi(\xi)\, d\sigma(\xi) = 0$$

aura le même nombre des valeurs caractéristiques négatives.

Pour l'équation *chargée* (A) à un nombre fini de valeurs caractéristiques négatives reste valable le théorème de Mercer :

La série bilinéaire

$$\frac{\varphi_1(x)\,\varphi_1(\xi)}{\lambda_1} + \frac{\varphi_2(x)\,\varphi_2(\xi)}{\lambda_2} + \ldots,$$

formée au moyen du système complet normal

$$\varphi_1, \quad \varphi_2, \quad \ldots, \quad \varphi_n, \quad \ldots, \quad \left(\int_a^b \varphi_i(x)\, \varphi_k(x)\, d\sigma(x) = \begin{cases} 1 & i = k \\ 0 & i \neq k \end{cases} \right)$$

de fonctions fondamentales φ_i *de l'équation* (A), *converge absolument et uniformément vers* $K(x, \xi)$ [2].

Nous voulons ajouter à cette proposition le théorème suivant :

Théorème I. — *Si le noyau de Mercer* $K(x, \xi)$ *possède les dérivées continues*

$$\frac{\partial^{p+q} K(x, \xi)}{\partial x^p\, \partial \xi^q} \qquad (p, q = 0, 1, 2, \ldots, m),$$

---

[1] Séance du 28 janvier 1935.

[2] Voir A. Kneser, *Belastete Integralgleichungen* (*Rendiconti di Palermo*, 37, 1914, p. 195), où ce théorème est démontré pour le cas où la fonction $\sigma(x)$ a une structure spéciale; le cas général peut être traité de la même manière.

alors pour ces dérivées ont lieu les développements

$$\frac{\partial^{p+q} K(x, \xi)}{\partial x^p \partial \xi^q} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\varphi_i^{(p)}(x)\varphi_i^{(q)}(\xi)}{\lambda_i} \quad \left(p, q = 0, 1, 2, \ldots, m;\ \varphi^{(k)}(x) = \frac{d^k\varphi}{dx^k}\right)$$

absolument et uniformément convergents dans le carré $(a \leqq x, \xi \leqq b)$.

Nous fondons la démonstration de ce théorème sur les deux propositions suivantes :

Théorème 2. — *Quelle que soit la fonction continue* $\alpha(x)$ $(a \leqq x \leqq b)$, *l'équation intégrale*

$$\text{(B)} \qquad \varphi(x) = \lambda \int_a^b K^*(x, \xi)\varphi(\xi)\, d\sigma(\xi),$$

où $K^*(x, \xi) = K(x, \xi) - \alpha(x)\alpha(\xi)$, $K(x, \xi)$ *étant un noyau de Mercer, a autant de valeurs caractéristiques négatives ou une de plus que l'équation* (A).

Le premier cas se présente alors et alors seulement que $\alpha(x)$ *vérifie les deux conditions suivantes :*

1° $\alpha(x)$ *est développable en une série uniformément convergente de fonctions fondamentales de l'équation* (A)

$$\varphi(x) = \alpha_1\varphi_1(x) + \alpha_2\varphi_2(x) + \ldots \qquad \left[\alpha_i = \int_a^b \alpha(x)\varphi_i(x)\, d\sigma(x)\ (i = 1, 2, 3, \ldots)\right].$$

2° *Les coefficients de Fourier* $\alpha_1, \alpha_2, \ldots$ *de cette série vérifient l'inégalité*

$$\sum_{i=1}^{\infty} \lambda_i \alpha_i^2 \leqq 1.$$

Théorème 3. — *Si le noyau positif* $K(x, \xi)$ *possède des dérivées continues*

$$K_{pq}(x, \xi) = \frac{\partial^{p+q} K(x, \xi)}{\partial x^p \partial \xi^q} \qquad (p, q = 0, 1, 2, \ldots, m),$$

alors, pour tout c, dans l'intervalle (a, b), *la forme quadratique*

$$\sum_{p,q=0}^{m} K_{pq}(c, c)\xi_p\xi_q$$

est une forme non négative.

Si un mineur principal quelconque

$$\Delta = \begin{vmatrix} K_{p_1p_1}(c, c) & K_{p_1p_2}(c, c) & \ldots & K_{p_1p_r}(c, c) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ K_{p_rp_1}(c, c) & K_{p_rp_2}(c, c) & \ldots & K_{p_rp_r}(c, c) \end{vmatrix} \qquad (0 \leqq p_1 < p_2 < \ldots < p_r < m)$$

de la matrice de la forme est différent de zéro, le noyau

$$M(x, \xi) = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} K(x, \xi) & K_{0p_1}(x, c) & \ldots & K_{0p_2}(x, c) \\ K_{p_10}(c, \xi) & & & \\ \ldots\ldots\ldots & & \Delta & \\ K_{p_20}(c, \xi) & & & \end{vmatrix}$$

est aussi un noyau positif (¹).

Le théorème 2 s'établit au moyen de la formule

$$\frac{D^*(\lambda)}{D(\lambda)} = 1 + \lambda \int_a^b \alpha^2(s)\, d\sigma(s) + \lambda^2 \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\alpha_i^2}{\lambda_i - \lambda},$$

où $D(\lambda)$ et $D^*(\lambda)$ désignent les déterminants de Fredholm des équations (A) et (B) respectivement.

Le théorème 3 s'obtient au moyen des inégalités bien connues de Mercer $K\begin{pmatrix} s_1 & s_2 & \ldots & s_n \\ s_1 & s_2 & \ldots & s_n \end{pmatrix} \geqq 0$, qui forment les conditions nécessaires et suffisantes pour que le noyau $K(x, \xi)$ soit positif.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la croissance des fonctions satisfaisant aux équations aux dérivées partielles linéaires et du second ordre.* Note de M. **A. Tiemlakoff**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Pour étudier les solutions de certaines équations aux dérivées partielles $E(F) = 0$, on peut faire correspondre à toute solution F d'une telle équation une fonction $f(\zeta) = P(F)$ analytique d'une variable complexe (²). Dans le cas d'une solution entière F de $E(F) = 0$, la fonction correspondante sera aussi une fonction entière d'une variable complexe. La question se pose à savoir quelle est la relation entre la croissance de f et de F (celle-ci considérée comme *fonction des variables réelles*).

En utilisant les résultats des travaux indiqués de M. Bergmann, nous

(¹) Pour plus de détails, voir le travail de l'auteur : *Sur les équations différentielles et intégrales à nombre fini de valeurs caractéristiques négatives*, actuellement sous-presse dans le *Bull. de l'Acad. des Sciences de U. R. S. S.* (en russe).

(²) Voir à ce sujet les Mémoires de M. Bergmann, *Mathem. Zeitschrift*, 24, 1926, p. 641-669; *Mathem. Annalen*, 99, 1928, p. 629-659; 101, 1929, p. 534-558 et *Mathem. Zeitschrift*, 32, 1930, p. 386-406.

avons trouvé pour certaines équations $E(F) = 0$ des relations entre ces croissances.

I. Considérons les fonctions harmoniques de révolution $F(x, r)$, $(r^2 = y^2 + z^2)$ qui satisfont à l'équation

$$E(F) \equiv \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial r} = 0.$$

A la fonction F on fait correspondre la fonction analytique

$$f(\zeta) = P(F) = F(\zeta, 0) \quad (^1).$$

La fonction F s'exprime alors par la formule

$$F(x, r) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f(x + ir\cos t)\, dt.$$

D'après M. Bergmann, on peut exprimer $f(\zeta)$ à l'aide de la fonction F en n'utilisant que les valeurs de celle-ci dans le domaine réel.

On peut écrire notamment

$$f(\zeta) = P(F) = -\int_0^1 \left\{ \frac{F\left[x, 2r\sqrt{T(1-T)}\right] + i.8\left[\sqrt{T(1-T)}\right]^3 F_1\left[x, 2r\sqrt{T(1-T)}\right]}{(1-2T)^2} \right\} dT$$

$$(\zeta = x + ir),$$

où

$$F_1(x, r) = -\frac{1}{R}\int_0^R \frac{dF(R\cos\theta, R\sin\theta)}{d\theta}\, dR \qquad (x = R\cos\theta,\ r = R\sin\theta) \quad (^2).$$

Supposons maintenant que $F(x, r)$ soit une fonction entière. Ceci entraîne que $f(\zeta)$ est également entière. Introduisons alors l'ordre apparent de $\lambda(F)$, donné par

(1) $$\lambda(F) = \overline{\lim_{R \to \infty}} \frac{\log\log\mu(R)}{\log R}, \qquad \mu(R) = \max_{x^2 + r^2 = R^2} |F(x, r)|.$$

On a alors la relation

(2) $$\lambda(F) = \lambda(f),$$

où $\lambda(f)$ est l'ordre apparent de f au sens habituel.

II. Considérons maintenant une solution $F(x, y)$ de l'équation

$$E(F) \equiv \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} + F = 0.$$

---

(1) A cet effet, on prolonge la fonction $F(x, 0)$ pour les valeurs complexes de x.

(2) Remarquons qu'on a $i F_1(x, r) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f(x + ir\cos t)\cos t\, dt$.

La fonction $f(\zeta) = \mathrm{P(F)}$ est donnée ici par la formule

$$f(\zeta) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \mathrm{F}(r\cos\varphi,\ r\sin\varphi)\,\mathrm{K}(\zeta e^{-i\varphi},\ r)\,d\varphi$$

pour $|\zeta| < r$, $\mathrm{I}_n(r) \neq 0$, où

$$\mathrm{K}(\zeta e^{i\varphi},\ r) = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\zeta^n e^{-in\varphi}}{\Gamma\left(n+\frac{1}{2}\right)\mathrm{I}_n(r)},$$

et $\mathrm{I}_n(r)$ est la fonction de Bessel de première espèce d'ordre n. Inversement, on a

$$\mathrm{F}(x,\ y) = \int_0^{\pi} e^{ir\cos t}\,\mathbf{Re}\left[f\left(z\frac{\sin^2 t}{2}\right)\right]dt, \qquad \text{où} \qquad z = re^{i\varphi} = x + iy.$$

En supposant que $\mathrm{F}(x, y)$ est une fonction entière, on trouve que $f(\zeta)$ l'est également et l'on peut introduire $\lambda(\mathrm{F})$ qui est donné comme dans (1) avec $\mu(\mathrm{R}) = \max\limits_{x^2+y^2=\mathrm{R}^2} |\mathrm{F}(x, y)|$. On obtient ici

$$\lambda(\mathrm{F}) \leqq \lambda(f). \tag{3}$$

III. On peut appliquer des raisonnements analogues à d'autres équations aux dérivées partielles en utilisant une représentation intégrale de ces solutions due à M. Hans Lewy (¹).

Les considérations précédentes permettent d'appliquer des théorèmes bien connus sur les fonctions entières (Hadamard, Borel, Valiron, Nevanlinna, etc.). On obtient ainsi une relation entre la distribution des valeurs de la fonction $f(\zeta) = \mathrm{P(F)}$ et la croissance de la fonction F *dans le domaine réel.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polynomes orthogonaux.* Note (²) de M. **Alexandre Smohorshewsky**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit $\mathrm{A}_m(x)$ le polynome de $m^{\text{ième}}$ degré satisfaisant aux conditions d'orthogonalité

$$\sum_{i=0}^{u}\Phi(i)\mathrm{A}_l(i)\mathrm{A}_m(i) = 0 \quad (l \neq m), \qquad = 1 \quad (l = m) \quad (l,\ m \leqq u), \tag{1}$$

où $\Phi(x)$ est la fonction positive dans les points $x = 0, 1, \ldots, u$.

(¹) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 112.

(²) Séance du 11 février 1935.

On peut démontrer que dans chacun des intervalles (0, 1), (1, 2), ..., $(u-1, u)$ est situé au plus un des zéros du polynome $A_m(x)$.

En effet, dans le cas contraire, on pourrait construire le polynome $B(x)$ de degré $\leqq m-2$ tel que

$$B(x) \neq 0, \qquad B(x)\,A_m(x) \geqq 0 \qquad (x=0, 1, \ldots, u),$$

ce qui contredit au (1).

2. En prenant dans les égalités (1) pour $\Phi(x)$ la fonction de Bernoulli

$$\Phi(x)=\binom{u}{x}p^x(1-p)^{u-x} \quad (x=0, 1, \ldots, u), \qquad =0 \quad (x<0, x>u),$$
$$(0<p<1),$$

ou la fonction de Pearson

$$\Phi(x)=Q(x, u, n, v)=\frac{\binom{u}{x}\binom{n-u}{v-x}}{\binom{n}{v}} \quad (x=0, 1, \ldots, u), \qquad =0 \quad (x<0, x>u),$$
$$(u\leqq v,\ u+v\leqq n),$$

on obtient les polynomes suivants :

$$(2) \qquad \sqrt{\binom{u}{m}^{-1}(pq)^{-m}}\sum_{i=0}^{m}(-1)^i\binom{u-x}{m-i}\binom{x}{i}p^{m-i}q^i \qquad (q=1-p),$$

$$(3) \qquad \mathcal{C}_m\,\Delta^m\,Q(x-m, u-m, n-2m, v-m) : Q(x, u, n, v) \qquad (\mathcal{C}_m=\text{const.}),$$

étudiés par M. Krawtchouk [1]. Ces polynomes peuvent respectivement s'écrire sous la forme

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned} \mathbf{K}_m^{(B)}(x) = \mathcal{O}_m\mathbf{k}_m^{(B)}(x) = \mathcal{O}_m\Bigg[1-\binom{m}{1}\frac{x}{pu}+\binom{m}{2}\frac{x(x-1)}{p^2u(u-1)}-\ldots \\ +(-1)^m\frac{x(x-1)\ldots(x-m+1)}{p^m u(u-1)\ldots(u-m+1)}\Bigg] \\ \left[m=0, 1, \ldots, u;\ \mathcal{O}_m=\sqrt{\binom{u}{m}\left(\frac{p}{1-p}\right)^m}\,\right], \end{aligned}\right.$$

---

(1) M. Krawtchouk, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 620; *Bull. de la Classe des Sciences phys. et math. de l'Acad. des Sciences d'Ukraïne*, 5, 1931, p. 11.

et

$$(5)\quad \left\{\begin{aligned}\mathbf{K}_m^{(\mathrm{P})}(x) &= \mathcal{E}_m \mathbf{k}_m^{(\mathrm{P})}(x)\\ &= \mathcal{E}_m \Bigg[1 - \binom{m}{1}\frac{x(n-m+1)}{uv}\\ &\quad + \binom{m}{2}\frac{x(x-1)(n-m+1)(n-m)}{u(u-1)v(v-1)} - \ldots\\ &\quad + (-1)^m \frac{x(x-1)\ldots(x-m+1)(n-m+1)(n-m)\ldots(n-2m+2)}{u(u-1)\ldots(u-m+1)v(v-1)\ldots(v-m+1)}\Bigg]\\ &\left(m=0, 1, \ldots, u;\ \mathcal{E}_m = \sqrt{\frac{\binom{n}{2m}\binom{2m}{m}\binom{u}{m}\binom{v}{m}}{\binom{n-m+1}{m}\binom{n-u}{m}\binom{n-v}{m}}}\right).\end{aligned}\right.$$

En effet, on déduit de la formule suivante :

$$\sum_{i=k}^{m}\binom{u-x}{m-i}\binom{x-k}{i-k} = \binom{u-k}{m-k} \qquad (k \leq m \leq u),$$

que les coefficients de $\sqrt{\binom{u}{m}^{-1}}(pq)^{-m}p^{m-k}$, dans les expressions (2) et (4), sont identiques.

L'expression, pour le polynome $\mathbf{K}_{m+1}^{(\mathrm{P})}(x)$ $(m=1, 2, \ldots, u-1)$, on déduit par l'induction mathématique de (5) au moyen de (3).

3. On a les propriétés suivantes des polynomes de M. Krawtchouk :

$$\mathbf{k}_l^{(\mathrm{B})}(m) = \mathbf{k}_m^{(\mathrm{B})}(l), \qquad \mathbf{k}_m^{(\mathrm{B})}(u) = \mathbf{k}_u^{(\mathrm{B})}(m) = \left(\frac{p-1}{p}\right)^m,$$

$$\mathbf{k}_m^{(\mathrm{P})}(u) = (-1)^m \frac{\binom{u-v}{m}}{\binom{v}{m}}, \qquad \mathbf{k}_u^{(\mathrm{P})}(m) = (-1)^m \frac{\binom{n-u-v+m}{m}}{\binom{v}{m}}$$

$$(l, m = 0, 1, \ldots, u).$$

En posant

$$\mathcal{F}(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, z) = 1 + \frac{\alpha\beta\gamma}{1!\,\delta\varepsilon}z + \frac{\alpha(\alpha+1)\beta(\beta+1)\gamma(\gamma+1)}{2!\,\delta(\delta+1)\varepsilon(\varepsilon+1)}z^2 + \ldots,$$

on obtient

$$\mathbf{k}_m^{(\mathrm{B})}(x) = \mathcal{F}\left(-x, -m, 1, -u, 1, \frac{1}{p}\right),$$

$$\mathbf{k}_m^{(\mathrm{P})}(x) = \mathcal{F}(-x, -m, -n+m-1, -u, -v, 1)$$

$$(m \leq u).$$

CINÉMATOGRAPHIE. — *Sur un cinématographe rapide pour pellicule de 9^{mm} de large, donnant de 1500 à 2000 images par seconde.* Note de M. **Antoine Magnan**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

J'avais en 1931, en collaboration avec M. Huguenard [1], donné la description d'un cinématographe fournissant 2000 à 3000 vues par seconde. Cet appareil possédait 4 petits objectifs qui couvraient, sur une pellicule normale de 35^{mm} de largeur, 4 bandes parallèles. Des fentes percées dans un obturateur circulaire placé entre les objectifs et le film démasquaient l'un après l'autre les 4 objectifs. On obtenait ainsi par seconde, en donnant à la bande sensible un déroulement continu de 5 m/sec, jusqu'à 3000 images ayant 6^{mm},5 × 5^{mm}.

J'avais continué depuis cette époque des recherches sur la cinématographie rapide et j'étais arrivé, à la suite de certaines modifications, à augmenter considérablement, en me servant d'un petit arc, le nombre des images puisque j'étais parvenu à prendre par seconde un peu plus de 12000 vues de 6^{mm},5 × 5^{mm} [2], puis, en employant 8 tout petits objectifs et un obturateur à 20 séries de 8 fentes, 28000 images de 3^{mm} × 2^{mm} [3].

En 1934, grâce à un montage à deux objectifs avec obturation à huit séries de deux fentes, j'avais réussi en opérant en plein jour à cinématographier des Insectes volant librement dans la nature à une fréquence allant jusqu'à 2500 vues par seconde dans d'excellentes conditions puisqu'on voyait par exemple nettement la cocarde existant sur les ailes d'une *Vanessa Io* [4].

Mais l'intérêt de telles réalisations n'était pas seulement de faire l'analyse de mouvements rapides; il résidait aussi dans l'espoir de pouvoir projeter au grand ralenti, par exemple le mouvement des ailes d'animaux battant à grande fréquence. J'étais d'abord parvenu, en projetant l'une après l'autre et automatiquement chaque image de film négatif obtenue avec 4 objectifs sur une pellicule positive pour vue normale de 18^{mm} × 24^{mm}, à avoir des projections présentables qui ont été faites en 1931 au Collège de France.

---

(1) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1370.

(2) Magnan, *Cinématographie jusqu'à* 12000 *vues par seconde* (*Exp. de morph. dyn. et de Mécanique du mouvement*, n° 3, Paris, 1932, p. 8).

(3) Magnan, *Le vol des Insectes*, Paris, 1934, p. 51.

(4) Magnan, *Le vol des Insectes*, Paris, 1934, p. 55.

Pour échapper à des manipulations compliquées et longues, j'ai pensé ensuite à réaliser un appareil de prises de vues à grande vitesse donnant des films susceptibles d'être projetés directement. Pour cela j'ai fait établir et mis au point avec l'aide de M. Chifflot un cinéma utilisant la pellicule pour vue de $9^{mm} \times 7^{mm},5$. Celui-ci possède un train d'engrenage qui fait tourner les roues brochées de manière à donner au film une vitesse de déroulement allant jusqu'à 15^{m} par seconde.

La première roue qui assure un déroulement continu de la pellicule est munie de 20 dents médianes engrenant dans les perforations d'un film de Pathé-Baby; cette roue tourne à une vitesse atteignant 100 tours par seconde par l'action d'une manivelle à main qui commande tout le système multiplicateur.

Devant la fenêtre limitant les dimensions des images tourne un obturateur, dont la rotation est liée à celle de la roue brochée d'entraînement. Cet obturateur porte cinq fentes radiales longues de 1^{cm} et larges de moins de 1^{mm}; sa vitesse de rotation atteint 400 tours par seconde.

Devant les fentes est placé un objectif de 50^{mm} de foyer et de 1^{cm} de diamètre.

Avec cet appareil, j'ai pu obtenir des images à la fréquence de près de 2000 par seconde, contrôlée par l'enregistrement d'un diapason donnant 50 vibrations doubles par seconde. Les films impressionnés peuvent être développés en positif immédiatement et projetés à la fréquence de 16 vues par seconde, ce qui donne un excellent ralenti de 125 fois, comme l'a montré le film d'une petite boule en celluloïd rebondissant sur un tas d'acier ou celui d'un petit oiseau battant des ailes, ou encore celui du mouvement des lèvres d'un homme parlant.

GÉODÉSIE. — *Interprétation des observations de l'intensité de la pesanteur effectuées aux Philippines, en Malaisie et aux Indes Néerlandaises.* Note de M. **Pierre Lejay**, présentée par M. Georges Perrier.

Nous avons donné [1] les résultats bruts de 34 déterminations de l'intensité de la pesanteur effectuées par nous aux Philippines, en Malaisie et aux Indes Néerlandaises.

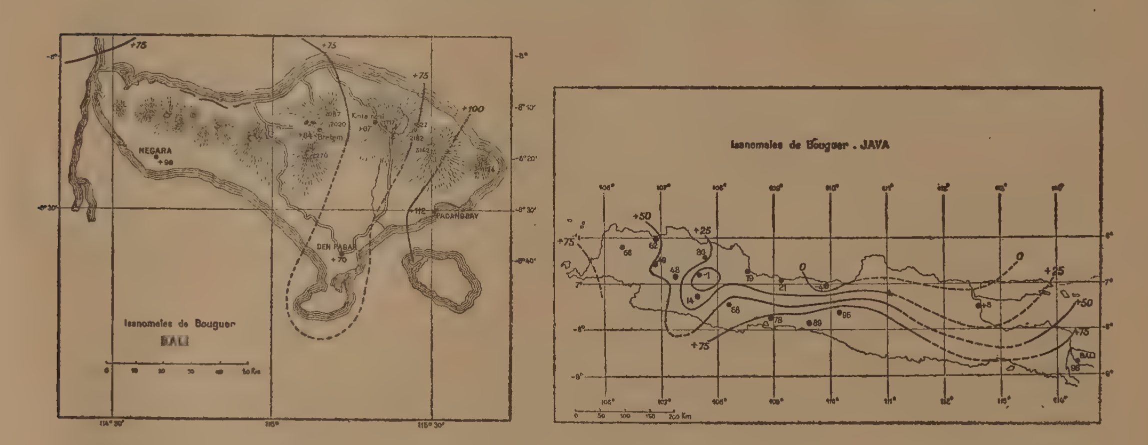
Presque partout les anomalies de Bouguer sont fortement positives;

---

(1) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 642.

seules la partie centrale de Luzon et la côte nord de Java font exception. Nulle part il ne saurait être question de compensation isostatique; si l'action de masses sous-océaniques pourrait diminuer généralement les anomalies trouvées dans les îles, il apparaît au premier coup d'œil qu'en plusieurs stations elle n'apporterait qu'une faible correction : il faut remarquer également que lorsqu'il a été possible d'établir des stations rapprochées, à des altitudes très différentes, l'anomalie trouvée à la station de montagne a été souvent plus fortement positive que celle de la station de plaine voisine, contrairement à la théorie isostatique.

Ainsi, à Baguio (nord de Luzon) à 1512^{m} d'altitude, on trouve une ano-



malie de Bouguer (¹) de $+37$, tandis qu'à Binalonan, station de plaine voisine, on a -40; de même, à Java, la station de montagne de Poentjak (1450^{m}) nous donne une anomalie de $+48$ alors que la station de Buitenzorg donne $+49$; Boroboudour (266^{m}), au centre de la chaîne montagneuse marque un maximum de $+95$, entre deux stations de plaine, au Nord et au Sud où les anomalies sont respectivement de -4 et $+89$.

Les mesures sur terre viennent donc confirmer les résultats des observations de M. Vening-Meinesz (²) faites sur mer. Le fait de la non compensation isostatique de cette partie du globe, d'ailleurs confirmé par les géodésiens hollandais (³), ne laisse aucun doute.

Il est intéressant de constater que cette remarquable exception à l'iso-

(¹) Par rapport à l'ellipsoïde international.

(²) *Relevé gravimétrique maritime de l'Archipel Indien.*

(³) Schepers, *Geodetic and astronomical Operations in the Netherlands East Indies*, p. 10.

stasie, qui contraste singulièrement avec les résultats que nous avons obtenus sur le continent asiatique, correspond précisément à une grande instabilité des couches superficielles; on ne peut échapper, en traversant cette région, à la forte impression qui se dégage de cet immense et magnifique chaos; l'activité tectonique est grande : c'est par dizaines que l'on compte les volcans actifs; sulfatares et fumeroles se voient partout; par endroits la terre tremble presque chaque jour.

La carte des anomalies gravimétriques nous montre que ce désordre superficiel a des causes profondes et correspond a une incohérence semblable des couches internes. Le reserrement de la longue bande d'anomalies négatives qui s'étend parallèlement aux îles, au Sud de celles-ci, entre deux bandes d'anomalies positives, a déjà conduit M. Vening-Meinesz à situer à une quarantaine de kilomètres de profondeur le plissement de la croûte qui en est la cause; les différences d'anomalies que nous constatons dans l'archipel même, à Bali par exemple, ou aux environs de Bandung, à Java, paraissent exiger la présence de causes perturbatrices au moins aussi rapprochées de la surface.

Sur la carte des anomalies de Java, nous constatons, à partir du centre de l'île, une augmentation progressive des anomalies positives lorsqu'on va vers l'Ouest, le long de la côte nord, et une diminution non moins régulière le long de la côte sud, distante seulement d'une centaine de kilomètres.

Ces deux effets inverses sembleraient dus à deux couches internes différentes, dont la ligne de démarcation se trouve précisément coïncider avec la longue ligne de volcans qui forment l'ossature de cette moitié de l'île.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Mouvement brownien dans l'espace de Hilbert. Hyperquantification et superquantification.* Note [1] de M. **Jacques Métadier**, présentée par M. L. de Broglie.

1. Mlle M.-A. Baudot [2] a fait correspondre l'espace de l'extension en phase à l'hyperquantification définie par M. J.-L. Destouches [3] dans sa Thèse. Cette méthode nouvelle permet d'étudier les assemblées de

---

(1) Séance du 18 février 1935.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1846.

(3) *Thèse*, Paris, 1933; *Ann. de Phys.*, 11, 1934, p. 148.

systèmes ou encore un système dont on ne connaît l'état initial qu'avec une certaine probabilité. Elle est à rapprocher, par conséquent, de la théorie du mouvement brownien. L'hyperquantification constitue une mécanique ondulatoire dans l'espace des fonctions d'ondes (ψ).

M[lle] M. A. Baudot a montré que l'espace de l'extension en phase n'est autre que l'espace de Hilbert ($\Psi_{(2\omega)}$).

Si donc, au lieu de considérer l'espace de fonctions d'ondes (ψ), nous considérons l'espace de l'extension en phase, nous constatons que l'équation d'ondes ([1]) en χ et sa conjuguée peuvent être fondues en une seule qui est l'équation de la densité

$$\rho = \chi\chi^*;$$

l'opérateur $\mathbf{F}_*$ opère sur les variables conjuguées des variables sur lesquelles opère $\mathbf{F}$,

$$\mathbf{F}\chi = \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\chi}{\partial t}; \qquad \mathbf{F}_*\chi^* = \frac{-h}{2\pi i}\frac{\partial\chi^*}{\partial t}.$$

De ces deux équations on tire

$$\chi^*\mathbf{F}\chi - \chi\mathbf{F}_*\chi^* = \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial t}\chi\chi^*.$$

Comme $\mathbf{F}$ et $\mathbf{F}_*$ n'opèrent pas sur les mêmes variables, en posant

$$\mathcal{H} = \frac{2\pi i}{h}[\mathbf{F} - \mathbf{F}_*],$$

on peut alors écrire

$$\frac{\partial\rho}{\partial t} = \mathcal{H}\rho.$$

On reconnaît là la forme généralisée de l'équation du mouvement brownien telle que nous l'avons écrite précédemment ([2]) et ρ a le sens d'une densité de probabilité.

Ainsi, au point M *soumis à l'équation d'ondes de l'hyperquantification correspond, pour le point* $\mathfrak{M}$ *de l'espace de l'extension en phase, un mouvement régi par des lois de mouvement brownien.*

Les fonctions χ sont des fonctions de carré sommable et appartiennent à l'espace de Hilbert (χ) défini par M. J.-L. Destouches.

Il s'ensuit que la fonction ρ est une fonction sommable non négative que l'on définit par le même passage à la limite que la fonction χ.

([1]) J.-L. Destouches, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1955.
([2]) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1173.

Ainsi, non seulement la fonction ρ suit une équation de mouvement brownien, mais encore c'est une fonction sommable non négative, donc :

Le mouvement du point $\mathfrak{M}$ de l'espace de l'extension en phase $(\Psi_{(2\omega)})$ *possède toutes les caractéristiques d'un mouvement brownien généralisé.*

2. D'après les auteurs ci-dessus, les fonctions d'ondes Ω de la superquantification sont des fonctions χ particulières qui résultent d'un choix convenable à l'instant initial. Si encore, dans ce cas, nous utilisons l'espace de l'extension en phase, nous voyons que :

Les lois de la superquantification peuvent être représentées par un mouvement brownien.

Nous avons déjà fait (*loc. cit.*) un rapprochement purement formel entre l'équation générale du mouvement brownien et une équation d'ondes. La présente Note montre un nouveau rapprochement dans la signification même des symboles entre un mouvement brownien et une mécanique ondulatoire dans un espace de fonctions d'ondes.

PHYSIQUE. — *La formulation des lois expérimentales. L'incertitude qui en découle pour l'interprétation des phénomènes physiques. Application à la loi de la réactivité.* Note [1] de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Supposons un phénomène qui serait régi exactement par la loi

$$y = \log(1+x).$$

Quand x passe de 0,8 à 4,4, ce qui correspond, pour l'argument du logarithme, à une variation déjà très notable, *du simple au triple*, on peut représenter cette loi, avec l'approximation de *quelques dix-millièmes*, comme en témoignent les chiffres ci-dessous, par la somme de deux exponentielles :

$$2,17536(1-e^{-0,20297x}) + 0,40213(1-e^{-1,31422x}).$$

---

[1] Séance du 4 février 1935.

$(1+x)$.	$\log(1+x)$.	Exponentielles.	$(1+x)$.	$\log(1+x)$.	Exponentielles
1,8......	0,5878	0,5871	3,8......	1,3350	1,3349
2,0......	0,6931	0,6932	4,0......	1,3863	1,3863
2,2......	0,7885	0,7888	4,2......	1,4351	1,4352
2,4......	0,8755	0,8759	4,4......	1,4816	1,4818
2,6......	0,9555	0,9558	4,6......	1,5261	1,5263
2,8......	1,0296	1,0298	4,8......	1,5686	1,5688
3,0......	1,0986	1,0986	5,0......	1,6094	1,6094
3,2......	1,1631	1,1630	5,2......	1,6487	1,6484
3,4......	1,2238	1,2236	5,4......	1,6864	1,6856
3,6......	1,2809	1,2808			

L'argument du logarithme variant dans le rapport *de un à huit*, on peut obtenir, au moyen de la loi exponentielle

$$2,49971(1-e^{-0,103545x})+0,79045(1-e^{-0,8182x}),$$

l'approximation du *quatre-centième* (par rapport à l'ordonnée maxima).

$(1+x)$.	$\log(1+x)$.	Exponentielles.	$(1+x)$.	$\log(1+x)$.	Exponentielles.
1,9......	0,6418	0,6344	9.......	2,1972	2,1973
2........	0,6931	0,6876	10......	2,3026	2,3053
3........	1,0986	1,1042	11......	2,3979	2,4024
4........	1,3863	1,3900	12......	2,4849	2,4898
5........	1,6094	1,6082	13......	2,5650	2,5686
6........	1,7918	1,7875	14......	2,6391	2,6396
7........	1,9459	1,9414	15......	2,7080	2,7036
8........	2,0794	2,0767	15,5.....	2,7408	2,7331

Enfin, x passant de $-0,2$ à 16,5, et l'argument $(1+x)$ variant dans le rapport, considérable cette fois, *de un à vingt-deux*, cette même formule permet encore l'approximation du *centième*.

Ainsi deux *types* de loi aussi *différents* que l'*exponentiel* et le *logarithmique* sont expérimentalement *réductibles* l'un à l'autre.

M. Bouasse avait trouvé que les déformations réactives sous effort constant pouvaient, en première approximation, se représenter par une loi *logarithmique* du temps. Il résulte de notre observation que cette loi, très mystérieuse, échappant à toute théorie, est assimilable, en fait, à la solution d'une équation différentielle linéaire du second ordre, à coefficients constants, et qu'on peut, par suite, *rendre compte de la réactivité au moyen des modèles mécaniques classiques*, sans avoir besoin d'envisager une physique moléculaire totalement inconnue.

On peut toujours, avec un polynome de degré suffisamment élevé, représenter une fonction expérimentale avec l'approximation que l'on désire. Mais si l'on veut tirer de la formule une *interprétation physique* des résultats, on cherche à les formuler au moyen de fonctions prises *en très petit nombre*, ayant un caractère *simple*, et susceptibles, autant que possible, d'être introduites par des équations différentielles *typiques*; une formule bien choisie se reconnaît à ce qu'elle épouse la forme de la courbe expérimentale dans l'intervalle envisagé, et ne s'en écarte pas d'une manière considérable dès que l'on sort de cet intervalle.

On constate qu'à cet égard, les courbes expérimentales rentrent en général dans deux catégories : les arcs que nous nommerons *arrondis*, caractérisés par des *variations notables* de l'ordonnée, de la pente, de la courbure, ...; et les arcs que nous dirons *tendus*, caractérisés par l'*allure asymptotique* de l'ordonnée, ou d'une de ses *toutes premières* dérivées.

Il va de soi que, si un phénomène est étudié dans un intervalle extrêmement étendu, les particularités de chaque expression analytique empêcheront toute confusion; autrement, grâce à cette *souplesse* des formules dont nous venons de donner un exemple caractéristique, on pourra représenter indifféremment un arc *arrondi*, par *n'importe quel type* de fonction entière, et un arc *tendu*, par *n'importe quel type* de fonction d'allure asymptotique (homographique, exponentielle décroissante, puissance d'exposant inférieur à 1, logarithme, ...).

Cette distinction manque même parfois de netteté : un polynome de degré peu élevé peut apparaître, suivant la précision des expériences, ou comme l'équivalent pratique d'une fonction entière, convenant à la représentation des arcs arrondis, ou au contraire, comme une fonction dont une proche dérivée ne varie plus, convenant à la représentation des arcs tendus.

Il est bien connu qu'on dispose d'une grande latitude dans le choix des coefficients d'*une* formule; le même arbitraire s'étend au choix du *type* de la formule, même si l'expression analytique introduite a une *allure absolument exceptionnelle :* les solutions des problèmes de chaleur peuvent en effet se représenter, en fonction du temps, indifféremment par des séries d'exponentielles e^{-mt} ou d'expressions $t^{-1/2}e^{-a/t}$; de sorte qu'un développement limité de termes e^{-mt} est expérimentalement voisin d'un développement limité de termes $t^{-1/2}e^{-a/t}$, dont toutes les dérivées sont nulles pour $t=0$.

La conclusion de cette étude est alors la suivante : on ne peut fonder l'interprétation physique d'un phénomène que sur l'allure de l'expression analytique qui représente les expériences; mais, cette représentation pouvant

être obtenue au moyen des fonctions les plus variées, et même les plus opposées, la nature de l'expression choisie ne signifie rien d'essentiel, et par suite toute interprétation est en général illusoire, sauf lorsque l'on a, sur le phénomène, une idée préconçue très précise.

ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE. — *Mesure de la vitesse des vaisseaux marins, sous-marins, aériens par couples thermo-électriques compensés.* Note [1] de M. **André Egal**, transmise par M. Jules-Louis Breton.

J'ai fait connaître [2] une méthode de mesure de la vitesse des fluides et de l'énergie thermique qu'ils peuvent transporter, par l'application des phénomènes thermo-électriques.

Les appareils ont été réalisés et sont pratiquement indépendants de la température du fluide et de la température ambiante.

Dans ces dispositifs, l'appareil est fixe et le fluide mobile.

L'expérience montre que les indications électriques sont les mêmes si le fluide est fixe avec l'appareil de mesure mobile.

On peut donc monter un semblable dispositif sur un vaisseau marin, sous-marin ou aérien, en réalisant ainsi un nouveau loch électrique.

La figure 1 donne un schéma d'installation à bord d'un bateau.

Sur la coque et en dessous de la ligne de flottaison, on perce sur un même plan horizontal deux trous T et T′ de 150^{mm} environ, séparés l'un de l'autre d'une longueur de 2^{m} par exemple.

Entre ces deux trous, un tube de 150^{mm} sur lequel est monté une dérivation DD′ en 20^{mm} de diamètre. Les extrêmes D et D′ de cette dérivation étant distants de 1^{m}.

Sur cette dérivation, sont montés les appareils électriques schématisés dans la figure 2.

Lorsque le bateau B est sans mouvement par rapport au fluide, la pression latérale en T est pratiquement la même qu'en T′ et il n'y a pas de circulation d'eau dans le tube TT′.

Dès que le bateau se déplace dans le sens de la flèche, la pression en T croît plus vite qu'en T′ et un courant d'eau circule de T à T′ ainsi que dans

---

(1) Séance du 25 février 1935.

(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 910; **198**, 1934, p. 1134.

2 MÈTRES
1 MÈTRE
COQUE
T' T D' D
TUBE PRINCIPAL DE 150 m/m DE DIAMÈTRE
DÉRIVATION EN 20 m/m DIAM.
COUPLES COMPENSATEURS
COUPLES DE MESURE
ÉLÉMENT DE CHAUFFAGE 100 WATTS MAXIMUM
R. ROBINET DE RÉGLAGE A CADRAN INDICATEUR D'OUVERTURE
V
C
INDICATEUR DE VITESSE DU BATEAU
CONTRÔLE DU COURANT DE CHAUFFAGE
DÉPLACEMENT DU BATEAU

Fig. 1.

E"
COMPENSATION
INVERSEUR I
INVERSEUR
POSITION I EN SÉRIE 2 ET 4 _ 1 ET 3
POUR LA MESURE DE LA TEMPÉRATURE DU FLUIDE
POSITION II EN OPPOSITION 2 ET 1 _ 3 ET 4
POUR LA MESURE DE LA VITESSE DE DÉPLACEMENT DU BATEAU
AMPÈREMÈTRE 0 A 10 AMPÈRES
RHÉOSTAT DE RÉGLAGE
CHAUFFAGE
BATTERIE 12 VOLTS
E
C
E
V
INDICATEUR DE VITESSE ET DE TEMPÉRATURE

Fig. 2. — E et E' sont les couples dits *de mesure*; E" sont les couples de compensation; C l'élément de chauffage; V le voltmètre gradué en indicateur de vitesse du bateau; I l'inverseur permettant la mesure de la température du fluide, eau de mer ou air.

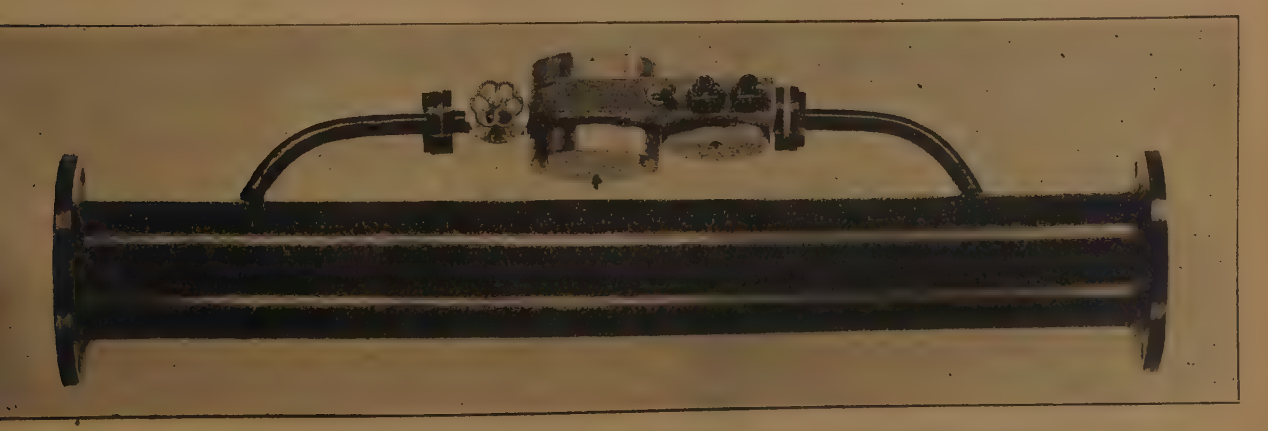


Fig. 3. — Dispositif de mesure de vitesse des vaisseaux (marins, sous-marins, aériens).

la dérivation de D en D′. Les mesures électriques au voltmètre récepteur V donnent la mesure du débit de D en D′. Le débit étant proportionnel au déplacement du bateau, *on mesure en fait sa vitesse relative*.

Un robinet R permet le règlage du débit dans la dérivation DD′ pour faire des mesures avec un courant de chauffage très faible (60 watts environ).

Comme le système est indépendant de la pression latérale, les mesures sont directement fonction de la vitesse de déplacement du bateau et sont transmises à distance au poste de commandement.

Le dispositif est fort simple, il ne nécessite aucun appareil extérieur pouvant gêner la marche du bateau et peut être appliqué à tout vaisseau marin, sous-marin ou aérien.

La figure 3 est une vue photographique d'une réalisation.

Deux dispositifs identiques, placés de chaque côté de l'axe du bateau, et montés électriquement en opposition, permettent de mesurer la vitesse de giration.

La mise en série des couples compensateurs avec les couples dits de mesure, donnant la température du fluide, on peut conjuguer cette manœuvre avec un détecteur portant un même nombre de couples, mais placé à l'air libre qui donnera la différence de température entre l'eau et l'air, permettant ainsi la mesure à chaque instant du *Front polaire*.

SPECTROSCOPIE. — *Isoméries intramoléculaires et spectres d'absorption infrarouges.* Note [1] de MM. **Jacques Errera** et **Pol Mollet**, présentée par M. Georges Urbain.

Dans ce travail le but était de voir s'il n'y a pas des exemples où par suite d'une sorte d'isomérie interne (cyclisation) certaines bandes caractéristiques des liaisons atomiques telles que O — H, C — H, etc. disparaissent et par le fait même l'existence de cette cyclisation est ainsi contrôlée; nous avons étudié [2] de la même manière un cas supposé de résonance quantique entre deux formes de la glycolchlorhydrine.

---

(1) Séance du 18 février 1935.

(2) B. M. Bloch et J. Errera, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 713.

La molécule d'aldéhyde salicylique correspond à la formule classique [a].

OH CHO [a]. — O H ↑ O C H [b]. — O H Cl [c].

On s'attend à trouver par l'examen spectrographique, la bande O — H et la bande C = O. Pour connaître l'emplacement de la bande O — H nous

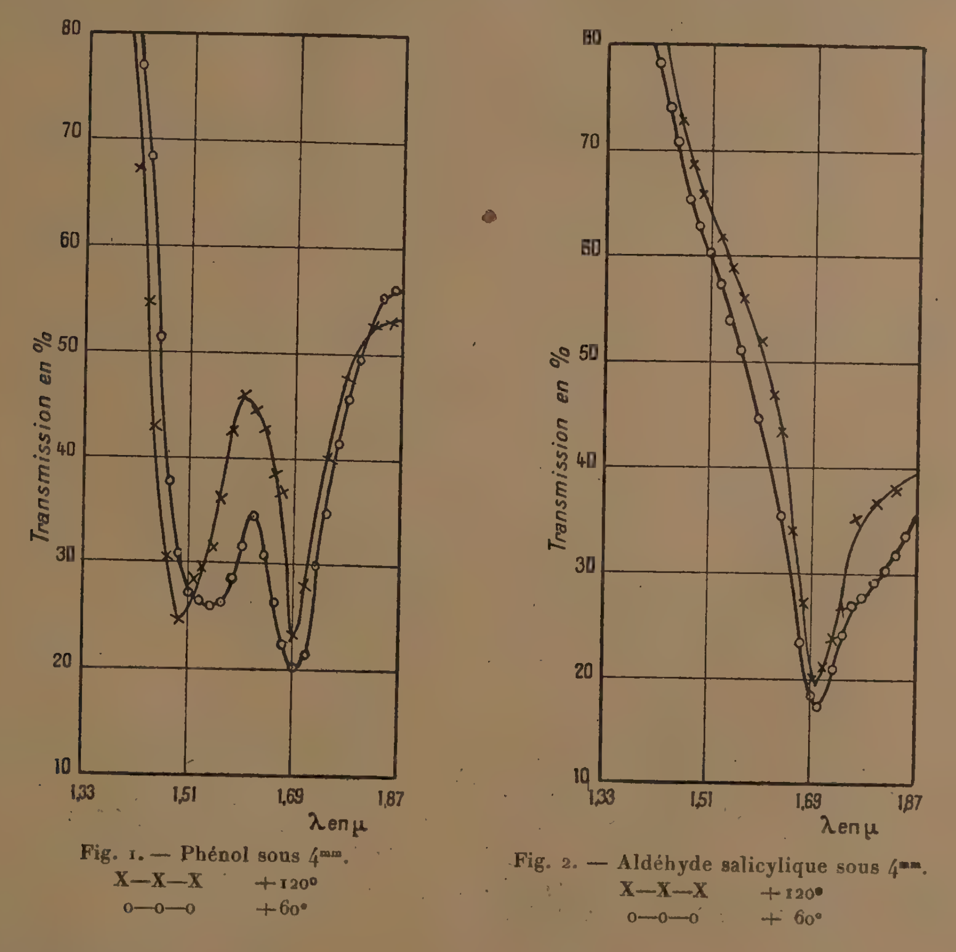


Fig. 1. — Phénol sous 4^{mm}.
X—X—X +120°
o—o—o +60°

Fig. 2. — Aldéhyde salicylique sous 4^{mm}.
X—X—X +120°
o—o—o +60°

avons étudié le phénol où seul le groupe O — H est attaché au noyau benzénique (*fig.* 1). Nous remarquons également le déplacement de la bande O — H avec l'élévation de température de $1^{\mu},54$ à $1^{\mu},49$, déplacement que

nous avons signalé dans le travail antérieur (*loc. cit.*), tandis que la bande C — H voisine du noyau benzénique à 1,69 ne se déplace pas.

La figure 2 donne la même région du spectre pour l'aldéhyde salicylique : la bande O — H n'apparaît pas même en faisant varier la température. Comment peut-on expliquer ce phénomène? Sidgwick [1] suppose une cyclisation interne qu'il représente par la formule [*b*].

La flèche entre O et H représente une covalence de coordination. On se rappelle en effet que dans la covalence normale un électron provient de chaque atome, tandis que dans la covalence de coordination, ou liaison

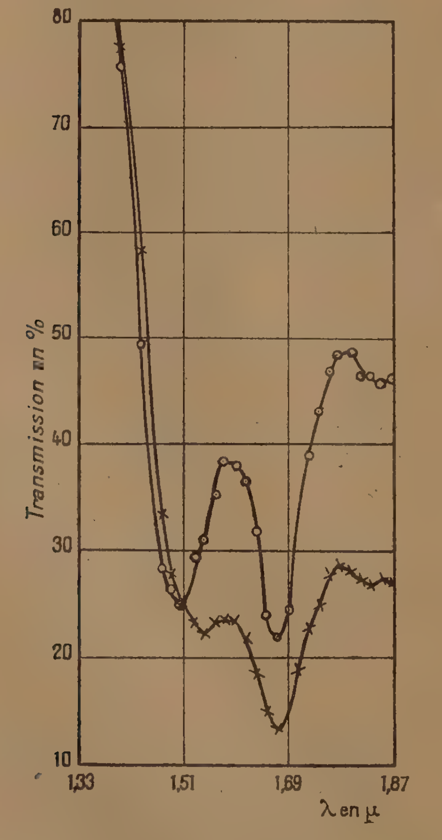


Fig. 3.
X—X—X *p*-hydroxybenzaldéhyde + 120° } sous 4^{mm}.
o—o—o *m*-hydroxybenzaldéhyde + 120° }

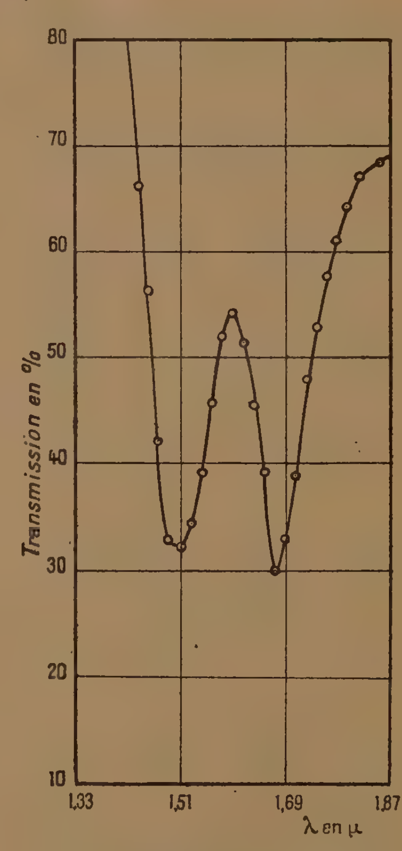


Fig. 4. — Orthochlorophénol sous 4^{mm}, température + 20°

semi-polaire, un atome donne les deux électrons. On comprend que par

(1) *The electronic Theory of valency*. Oxford, 1927.

une telle cyclisation la liaison O — H est toute différente de celle dans le phénol ou les alcools et que la bande caractéristique n'apparaît pas ou est en tout cas très fortement déplacée. L'étude du spectre semble donc confirmer l'hypothèse de la cyclisation.

Mais pour établir la chose de façon plus certaine, il fallait étudier les dérivés méta et para-oxybenzoïques; la distance entre l'O du groupement aldéhyde et l'H du groupe O — H étant plus grande, la cyclisation n'est plus possible. La figure 3 nous montre que la bande O — H apparaît nettement, comme il fallait s'y attendre, pour ces deux corps.

Sidgwick dit aussi qu'il n'est pas impossible, pour des raisons chimiques, que la cyclisation se produise pour l'orthochlorophénol, mais il ne la croit pas probable. Nous donnons la formule [*c*] correspondant à cette cyclisation.

La figure 4 nous montre que pour cette molécule la cyclisation ne semble pas se produire puisque la bande O — H apparaît nettement ce qui n'était pas le cas pour l'aldéhyde salycilique.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure des bandes d'absorption de l'acétylène dans l'ultraviolet*. Note de M. **A. Ionesco**, présentée par M. Jean Perrin.

Mecke et ses collaborateurs [1] ont montré que les niveaux de la molécule normale correspondent à l'état éléctronique ${}^1\Sigma_g^+$. Les poids statistiques de ces niveaux sont alternants dans le rapport 1/3, et le moment d'inertie, calculé pour la molécule linéaire, d'après la structure des bandes infrarouges, est $I = 23{,}5 . 10^{-40}$ g/cm^{-2}, en accord avec l'analyse de la rotation pure [2].

Pour l'analyse des bandes ultraviolettes, les photographies ont été faites avec un grand spectrographe en quartz ($f = 6m$), donnant une dispersion d'environ 0,6 Å/mm sur la plaque photographique, dans la région intéressante. La précision des mesures est limitée, d'une part par la diffusion du gaz (pression 500-760^{mm} Hg), d'autre part par la superposition des bandes attachées aux différentes transitions possibles; cette précision rarement dépasse 0,5 cm^{-1}.

---

(1) Hedfeld et Mecke, Childs et Mecke, *Zeits. f. Phys.*, 64, 1930, p. 151 et 162.

(2) Lewis et Houston, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 903.

La structure qu'on observe est simple, du type à deux branches, et les bandes présentent les alternances d'intensité de la molécule d'hydrogène.

Dans le tableau ci-dessous sont donnés les résultats de l'analyse de la bande 44309 cm^{-1}, choisie parmi plusieurs bandes examinées. Cette bande appartient à la série *a* (¹), ayant l'état fondamental de vibration 00000.

Bande a_1 .... $\nu = 44292,20 \pm 2,236\mathrm{J} - 0,08\mathrm{J}^2$

Moments d'inertie de la molécule { état normal... $\mathrm{I} = 23,92.10^{-40}$ g/cm^{-2} ; état activé.... $\mathrm{I} = 24,21.10^{-40}$ g/cm^{-2}

Positions des raies				Positions des raies			
ν cm⁻¹ (obs.).	ν cm⁻¹ (calc.).	ν (obs.) — ν (calc.).	Attribution.	ν cm⁻¹ (obs.).	ν cm⁻¹ (calc.).	ν (obs.) — ν (calc.).	Attribution.
44289,90	44289,88	0,02	P (1)	44244,49	44245,25	—0,76	P (14)
44287,39	44287,41	—0,02	P (2)	44241,11	44240,66	0,45	P (15)
44284,89	44284,77	0,12	P (3)	44236,34	44235,95	0,39	P (16)
44281,76	44281,98	—0,22	P (4)	44231,53	44231,07	0,46	P (17)
44278,63	44279,02	—0,39	P (5)	44226,02	44226,03	—0,01	P (18)
44275,49	44275,91	-0,42	P (6)	44221,32	44220,84	0,48	P (19)
44272,36	44272,71	—0,35	P (7)				
44268,92	44269,19	—0,27	P (8)	44296,46	44296,35	0,11	R (1)
44265,52	44265,60	—0,08	P (9)	44299,81	44299,86	—0,05	R (3)
44261,72	44261,84	—0,12	P (10)	44302,74	44302,74	0,00	R (5)
44257,33	44257,93	—0,60	P (11)	44304,93	44304,97	—0,04	R (7)
44253,57	44253,85	—0,28	P (12)	44307,12	44306,56	0,56	R (9)
44250,19	44249,61	0,58	P (13)	44308	44307,51	—	R (11)
				44309	44307,82	tête	R (13)

Les constantes moléculaires, calculées d'après cette structure, sont légèrement différentes par rapport aux données de Hedfeld et Mecke; cette différence doit être mise en relation avec l'interaction entre la vibration et la rotation de la molécule.

La théorie de Hund, concernant la formation des molécules diatomiques, montre que, par la liaison de deux atomes, qui se trouvent dans des états électroniques donnés, plusieurs états sont possibles pour la molécule résultante. Ces états peuvent être prévus, en ce qui concerne les valeurs Λ et S, c'est-à-dire du point de vue type et multiplicité des niveaux. Pour déterminer les états possibles, on suppose les deux atomes dans un champ électrique intense, ayant la direction de l'axe des noyaux. Les vecteurs L et S ne sont pas couplés et leurs projections, suivant la direction du champ,

(¹) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 710.

sont quantifiés, pour chaque atome. Les valeurs Λ et S de la molécule résultante sont déterminées par les combinaisons vectorielles de L_i et S_i des atomes en présence. Pour trouver les états moléculaires, chaque valeur Λ doit être combinée avec chaque S, successivement. Dans la formation de la molécule CH, par exemple, en partant de l'état fondamental de l'atome de carbone $3p(L_1 = 1, S_1 = 1)$, et de l'atome d'hydrogène $^2S(L_2 = 0, S_2 = 1/2)$, les valeurs Λ et S résultantes sont : $\Lambda = 0, 1, 2$, et S $1/2$, $1\,1/2$, d'où les états possibles $^2\Sigma$, $^2\pi$, $^2\Delta$ et $^4\Sigma$, $^4\pi$, $^4\Delta$.

Si l'on cherche d'étendre ces considérations aux molécules complexes, on est obligé d'admettre que chaque groupe se comporte comme un atome unique, et que les hypothèses de Hund restent applicables en première approximation. On peut définir alors deux nombres quantiques, Λ et S, dont les combinaisons conduisent aux états de la molécule complexe. Ainsi, les états doublets des deux groupements CH qui forment la molécule C^2H^2, peuvent donner lieu aux combinaisons suivantes : $\Lambda = 0$, $S = 0, 1$, c'est-à-dire les états $^1\Sigma$ et $^3\Sigma$, en partant de l'état $^2\Sigma$ de CH; ou $\Lambda = 0, 1, 2$, $S = 0, 1$, c'est-à-dire les états $^1\Sigma$, $^1\pi$, $^1\Delta$ et $^3\Sigma$, $^3\pi$, $^3\Delta$, en partant de deux groupements CH à l'état $^2\pi$.

Toutes les bandes connues de la molécule CH représentent des transitions entre les états initiaux $^2\Sigma$, $^2\Delta$ et l'état final $^2\pi$. D'autre part, l'analyse de Mecke et Hedfeld montre que l'état normal de l'acétylène est $^1\Sigma$. Si l'on tient compte des règles de sélection, relatives aux vecteurs Λ et S, les transitions possibles pour l'acétylène seraient $^1\Sigma \rightarrow {}^1\Sigma$, $^1\Sigma \rightarrow {}^1\pi$ ou $^1\Sigma \rightarrow {}^3\Sigma$.

La discussion qu'on peut faire sur l'aspect des bandes, pour chacune de ces trois hypothèses, conduit à la conclusion que les bandes observées sont dues, très probablement, à une transition $^1\Sigma \rightarrow {}^1\Sigma$.

SPECTROSCOPIE. — *Étude des spectres d'absorption dans le proche infrarouge de l'ammoniac liquéfié, gazeux ou dissous.* Note de MM. **Georges Costeanu**, **René Freymann** et **Aurel Naherniac**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié pour les états gazeux, liquéfié et dissous les variations de position de la bande de l'ammoniac située vers $1^\mu,04$; cette bande, complexe d'ailleurs, est le deuxième harmonique de la bande de 3^μ. Jung et Gude (1) ont fait une étude semblable pour les troisième, quatrième et cinquième harmoniques dans le visible. Alors que les spectres Raman

(1) *Z. El.*, 37, 1931, p. 545.

de NH^3 avaient été étudiés pour les mêmes états ([1]), les spectres d'absorption infrarouges n'ont été étudiés, en général, que pour la phase gazeuse. Le présent travail a été fait, entre $0^{\mu},8$ et $1^{\mu},2$, à l'aide d'un spectromètre enregistreur à cellule photoconductrice déjà décrit ([2]).

Tableau I.

				NH^3 liquéfié (—45 à —70° C.).					
λ en Å		10451 (I)	10198 (*i*)	10091 (*i*)	9946 (*i*)			9327 (*i*)	8922 (*i*
ν en cm^{-1}		9568	9806	9910	10054			10722	11208
				$NH^3 + H^2O$.					
50 % (à 0° C.)	λ..	10400 (I)	10100 (*i*)	10024 (I)	9887 (*i*)			9301 (*i*)	
	ν..	9615	9901	9976	10114			10752	
20 % (à 18° C.)	λ..	10393 (I)	10093 (*i*)	10010 (I)	9874 (*i*)			9314 (*i*)	8856 (*i*
	ν..	9622	9908	9990	10128			10722	11292
10 %	λ..	10380 (I)	9965 (*i*)						
	ν..	9634	10035						
6,6 %	λ..	10367 (I)	9965 (?)						
	ν..	9646	10035						
4 %	λ..	10361 (I)							
	ν..	9651							
2 %	λ..	10335 (*i*)							
	ν..	9676							
				NH^3 vapeur ([3]).					
λ		10322				10246	10211		
ν		9688				9760	9793		
				$NH^3 + CH^3OH$.					
20 %	λ	10393							
	ν	9622							
10 %	λ	10387							
	ν	9627							
5 %	λ	10380							
	ν	9634							
				$NH^3 + C^2H^5OH$ (absolu).					
13 %	λ	10406							
	ν	9610							
6,5 %	λ	10387							
	ν	9627							

Nota. — I = intense; *i* = inflexion; ? = douteuse.

([1]) K. W. F. Kohlrausch, *Der Smekal Raman Effekt* (Berlin).

([2]) R. Freymann, *Ann. Phys.*, 20, 1933, p. 243; R. Freymann et A. Naherniac, *Journ. Phys.*, 5, 1934, p. 75.

([3]) La structure de cette bande étant complexe la position n'est qu'approximative; Lueg et Hedfeld (*Zeits. f. Physik*, 75, 1932, p. 599) ont trouvé plus de 300 raies de rotation dans cette région par la méthode photographique.

L'ammoniac *liquéfié* a été étudié entre — 40 et — 75° C.; le faisceau de lumière parallèle provenant d'une lampe pointolite est renvoyé par un miroir incliné à 45° vers le fond plan et argenté d'un récipient vertical, clos, refroidi dans un Dewar; la lumière, après réflexion à la base du récipient, est renvoyée par un second miroir à 45° vers le spectromètre. Le liquide, $0^{cm},5$ d'épaisseur, étant traversé deux fois par le faisceau, l'épaisseur utile est voisine de 1^{cm}.

L'ammoniac *gazeux* a été étudié à la température ordinaire, sous une épaisseur de 1^{m}, à la pression atmosphérique.

Des solutions aqueuses d'ammoniaque ont été étudiées (sous 5^{cm}, 2^{cm} ou 1^{cm} d'épaisseur) pour les concentrations de 50, 20, 10, 6,6, 4 et 2 pour 100, les solutions dans l'*alcool méthylique* pour 20, 10 et 5 pour 100 et dans l'*alcool éthylique* pour 13 et 6,5 pour 100.

Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau I.

On observe un déplacement systématique des bandes lorsqu'on passe de l'ammoniac liquéfié à l'ammoniaque en solution aqueuse à 50 pour 100. Nous n'avons d'ailleurs observé aucun déplacement des bandes de NH^3 liquide pour les températures comprises entre — 40 et — 75° C. Par dilution de la solution à 50 pour 100 le déplacement vers les courtes longueurs d'onde se poursuit. Le plus grand déplacement se manifeste à l'état gazeux pour la bande 10322 Å.

TABLEAU II.

Raman	Liquéfié	3210		3310		3380
	Solution aqueuse			3314		3385
	Gazeux			3334		
Infrarouge (2ᵉ harmonique)	Liquéfié	9568	9806		9910	10054
	Solution aqueuse (20 %)	9622	9908		9990	10128
	Gazeux	9688				

Comme le montre le Tableau II les déplacements observés dans l'infrarouge (2ᵉ harmonique) sont de même sens que ceux observés dans l'effet Raman; ils sont également de même sens que ceux signalés par Jung et Gude pour les 3ᵉ, 4ᵉ et 5ᵉ harmoniques. On notera toutefois que pour l'ammoniac liquéfié on observe 3 fréquences seulement dans l'effet Raman au lieu de 4 dans l'infrarouge; cela pourrait peut être provenir d'une résolution imparfaite des fréquences Raman vers 3300 cm^{-1}.

Pour expliquer l'existence de *plusieurs fréquences* voisines, l'hypothèse indiquée par Kohlrausch pour l'effet Raman (*loc. cit.*) semble applicable à l'infrarouge : il existerait pour NH^3 liquéfié ou dissous (en solution concentrée), des *polymères* auxquels correspondraient les différentes fréquences

bservées. *La destruction de ces polymères* doit permettre d'autre part d'expliquer le déplacement des bandes vers les courtes longueurs d'onde par *dilution* ou passage à l'*état gazeux*.

BIRÉFRINGENCE ÉLECTRIQUE. — *Biréfringence électrique du para-azoxyanisol à l'état isotrope*. Note de Mme **Jacqueline Zadoc-Kahn Eisenmann**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons voulu étendre nos recherches sur la biréfringence que montre dans un champ magnétique le para-azoxyanisol fondu et isotrope [1] à celle qu'il acquiert dans un champ électrique. Ce travail a été fait au moyen de l'installation de MM. Lucas et Schwob [2], qui comporte un champ alternatif dont les effets sont observés seulement au moment où la tension qui le produit est maxima, grâce à un dispositif optique stroboscopique. Malgré ce montage très perfectionné, nous n'avons pu obtenir de résultats quantitatifs précis, les nombres trouvés variant d'une expérience à l'autre. Cela provient sans doute de ce que nous n'avons pas pu éviter l'altération par le champ du liquide, isolant imparfait. Nous avons pu néanmoins constater que, placé dans des champs de 150 à 16000 v/cm (fréquence 50), le para-azoxyanisol isotrope y prend une *biréfringence positive*.

Le *p*-azoxyanizol possède un moment électrique permanent (égal à $2,3.10^{-18}$ e. s.) [3] et le signe de la constante de Kerr nous renseigne sur la position de ce dipôle. En effet, la direction de forte polarisation induite est connue, par des mesures de constantes diélectriques [4]; elle est perpendiculaire à l'axe d'allongement de la molécule ou du groupe de molécules (nous avons fait nos mesures au voisinage de 134°, immédiatement au-dessus du point de transformation). Si les molécules sont associées en groupes à l'état mésomorphe, ces groupes subsistent encore en partie à ces températures, comme l'indiquent nos mesures de biréfringence magnétique). Si le dipôle était disposé le long de cet axe (hypothèse de Kast, Ornstein), la constante de Kerr serait négative. Le moment du dipôle est

---

(1) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 672; **191**, 1930, p. 1002.

(2) *Journal de Physique*, **4**, 1933, p. 287.

(3) Ebert et Hartel, *Physikalische Zeitschrift*, **28**, 1927, p. 786, et Errera, *Physikalische Zeitschrift*, **29**, 1928, p. 426.

(4) Kast, *Annalen der Physik*, **73**, 1924, p. 145, et Jesewski, *Zeitschrift für Physik*, **40**, 1926, p. 153.

donc perpendiculaire à l'axe d'allongement, ou incliné sur celui-ci, conformément aux idées de Bauer (1) et d'autres physiciens (Zocher, Ebert et Hartel, Bernal, Herrmann) (2).

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique de l'azote ammoniacal.* Note de MM. **René de Mallemann** et **Pierre Gabiano**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le pouvoir rotatoire magnétique de l'atome d'azote dépend, dans une large mesure, de la fonction chimique de l'atome ou du groupe dont il fait partie. Ce pouvoir rotatoire est grand dans l'ammoniac et ses dérivés organiques, surtout dans les amines de la série aromatique où il atteint des valeurs exceptionnelles, dues, vraisemblablement, à la proximité de la bande d'absorption ultraviolette. Nos mesures de la rotation du gaz ammoniac conduiraient au pouvoir rotatoire atomique $6{,}8.10^{-5}$ (rad.) (par soustraction de $3 \times 1{,}8.10^{-5}$, correspondant aux trois atomes d'hydrogène), alors que le pouvoir rotatoire de l'azote moléculaire vaut sensiblement 2.10^{-5}.

Pour contrôler ce calcul, nous avons étudié les ammoniaques substituées de la série grasse, autrement dit, les amines. Les résultats sont résumés dans le Tableau suivant (3) :

	$\Lambda_0^{760}.10^6$ (min.).	$[\Lambda_G]_M.10^5$ (rad.).	$[\Lambda_L]_M.10^5$.	d_L.
NH^3	19	12,2	13,5	0,64 (−40°)
NH^2CH^3	23	14,5	–	–
$NH(CH^3)^2$	33	20,5	24,3	0,719 (−10)
$N(CH^3)^3$	54	32	38,6	0,660 (−10)
$NH^2C^2H^5$	34,5	21	25,2	0,712 (0)
$NH(C^2H^5)^2$	54	33	39,5	0,736 (0)
$N(C^2H^5)^3$	74,5	46,5	59,0	0,733 (20)

Les rotations indiquées correspondent à la longueur d'onde $\lambda = 578^{m\mu}$; la dispersion des liquides est assez forte (sensiblement 2 pour la raie $436^{m\mu}$).

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1541.

(2) *Liquid crystals and anisotropie melts* (*The Faraday Society*, 58, 1933, p. 881).

(3) Les densités de vapeur des amines sont notablement supérieures aux densités théoriques.

En adoptant pour le carbone et l'hydrogène les valeurs que nous avons indiquées antérieurement, on peut calculer les contributions respectives de N, NH, NH^2; celles-ci doivent être à peu près constantes si la loi d'additivité s'applique.

L'analyse des résultats montre que les différences ne sont pas constantes, mais que leur moyenne est cependant très voisine d'un nombre compris entre 6,5 et 7.10^{-5}, autour duquel les écarts oscillent irrégulièrement. Or, on sait qu'il est pratiquement impossible d'obtenir les différentes amines tout à fait pures (surtout les diamines) et les irrégularités constatées proviennent certainement, en partie, du défaut d'homogénéité des substances étudiées.

Le Tableau suivant, calculé en prenant uniformément la valeur 7.10^{-5} pour N, NH et NH^2 montre que le pouvoir rotatoire des deux radicaux est sensiblement le même que celui de l'atome [1].

	$[\Lambda_G]_K$ (mes.).	$[\Lambda_G]_K$ (calc.).	$\frac{[\Lambda_G]_K}{[\Lambda_L]}$ (mes.).
Ammoniac	12,2	12,4	0,90
Méthylamine	14,5	14,6	–
Diméthylamine	20,5	22,4	0,84
Triméthylamine	32	29,8	0,83
Éthylamine	21	20,4	0,83
Diéthylamine	33	33,8	0,84
Triéthylamine	46,5	47,2	0,80

La dernière colonne donne les rapports des rotations spécifiques expérimentales de la vapeur et du liquide; les indices des liquides étudiés étant tous compris entre 1,35 et 1,39, les rapports expérimentaux sont très voisins des rapports théoriques (l'écart n'est sensible que pour NH^3).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la production d'un rayonnement d'énergie comparable à celle des rayons cosmiques mous.* Note de MM. **Frédéric Joliot** et **Lew Kowarski**, présentée par M. Jean Perrin.

La production des radioéléments s'effectue parfois avec capture de neutron sans émission simultanée d'une autre particule (Fermi). Dans ce cas,

---

(1) Cette valeur permet de calculer *a priori* les rotations magnétiques des propylamines et de la pentaméthylènediamine liquides, qui ont été mesurées depuis longtemps par W. H. Perkin. L'accord est satisfaisant.

la capture conduit à la formation d'un isotope (de nombre massique supérieur d'une unité) de l'élément irradié : par exemple, l'iode ^{127}I se transforme ainsi en radioiode ^{128}RdI.

Si l'on admet que la différence de masse entre les deux isotopes, dont l'un radioactif, est voisine de 1, ce qui est le cas des isotopes stables, on peut penser que, lors de la capture du neutron, il doit y avoir émission d'un photon d'énergie correspondant à la condensation de la masse du neutron libre (environ 1,0085) à celle qu'il possède dans le noyau (environ 1). En vue de rechercher la présence de ces photons, nous avons placé contre la paroi d'une chambre Wilson un bloc d'argent (l'argent subit précisément le mode de transmutation par capture simple de neutron), que nous avons irradié avec les neutrons jaillissant de Po + Be (150 millicuries de Po). Un champ magnétique d'environ 1000 gauss, établi suivant l'axe *vertical* de la chambre, incurvait les trajectoires des électrons. Nous avons observé sur 576 détentes un grand nombre de trajectoires d'électrons provenant des différents points des parois de l'appareil. La plus grande partie d'entre eux sont secondaires des photons (d'énergie 5.10^6 eV) émis par Po + Be simultanément avec les neutrons. Environ 30 trajectoires assez longues d'électrons ne sont pas, à première vue, incurvées par le champ magnétique et doivent correspondre à des énergies cinétiques certainement supérieures à 10.10^6 eV. Ces rayons ne peuvent provenir que d'un rayonnement primaire issu de l'argent et ne sont pas secondaires de rayonnement cosmique, car, en l'absence d'argent, les trajectoires quasi-rectilignes sont beaucoup plus rares et leur longueur horizontale est beaucoup plus faible.

Un examen minutieux de six des trajectoires les plus longues ($6^{cm},5$ à 12^{cm}) montre que l'énergie cinétique de ces électrons est de l'ordre de 20 à 30.10^6 eV. L'intensité relativement faible du champ magnétique que nous employons ne nous permet pas de préciser ces valeurs.

Pour nous mettre à l'abri des erreurs provenant de déformations accidentelles des trajectoires, nous avons introduit dans la chambre un écran de 3^{mm} de plomb en vue de ralentir les électrons : un électron de grande énergie, traversant cet écran, doit perdre environ 8.10^6 eV. Sur 259 détentes, 4 trajectoires traversant l'écran ont été photographiées. Au moins pour une de celles-ci, on a la certitude que le rayon avant et après la traversée n'a pas de courbure appréciable; l'énergie de l'électron correspondant est supérieure à 15.10^6 eV. Dans un autre cas, l'énergie après la traversée n'est plus que de $1,2.10^6$ eV, ce qui correspond à un énergie initiale voisine de 9.10^6 eV.

Sur l'ensemble des clichés obtenus, deux portent les traces de *deux* électrons de très grande énergie et un troisième porte les traces de *trois* électrons. Comme on observe en moyenne une trajectoire presque rectiligne toutes les vingt détentes, la probabilité pour l'apparition de deux trajectoires sur le même cliché est de $\frac{1}{400}$ et, pour trois trajectoires, de $\frac{1}{8000}$. Il y a donc lieu de penser que les coïncidences observées ne sont pas fortuites.

L'énergie du rayonnement responsable de l'émission des électrons que nous avons observés est du domaine de celle de la composante molle de la radiation cosmique et nous pensons que ces cas d'apparition simultanée de plusieurs électrons de grande énergie sont à rapprocher du phénomène de production des gerbes.

Les expériences analogues effectuées avec l'iode et le phosphore ont montré de même la présence d'électrons de très grande énergie avec, toutefois, cette différence que dans le cas de l'argent ces électrons n'ont pas été observés après l'enlèvement de la source de neutrons, tandis que dans le cas du phosphore et de l'iode on les a observés en l'absence de la source.

L'énergie du rayonnement donnant lieu à l'apparition des électrons très rapides ne peut résulter que de la condensation des masses des noyaux entrant en réaction. S'il s'agit d'une émission de photons, on peut écrire

$$\text{(I)} \qquad {}^{A}_{Z}M + {}^{1}_{0}n + W_n = {}^{A+1}_{Z}M + h\nu,$$

puis

$$\text{(II)} \qquad {}^{A+1}_{Z}M = {}^{A+1}_{Z+1}M + \bar{e} + W_{\bar{e}} + h\nu';$$

d'où le bilan énergétique suivant :

$$\text{(III)} \qquad h\nu = ({}^{A}_{Z}M + {}^{1}_{0}n - {}^{A+1}_{Z+1}M) + W_n - W_e - h\nu' - \bar{e}.$$

Dans le cas de l'argent les expériences nous ont montré que la limite d'énergie W_e des électrons émis par les deux Rd Ag est égale à $1,7.10^6$ eV et que cette émission est accompagnée de photons d'énergie $h\nu'$ au moins égale à 4.10^6 eV. L'énergie maxima des neutrons que nous utilisons étant de 8.10^6 eV, il en résulte que l'énergie maxima disponible sous forme de rayonnement lors de la réaction (I) est

$$\text{(IV)} \qquad h\nu = ({}^{A}_{Z}M + {}^{1}_{0}n - {}^{A+1}_{Z+1}M) + 2.10^6\,\text{eV}.$$

Les deux isotopes ^{107}Ag et ^{109}Ag se transforment en ^{108}Rd Ag et ^{110}Rd Ag,

qui se désintègrent en donnant finalement ^{108}Cd (¹) et ^{110}Cd. Nous ne connaissons pas les masses exactes de ces atomes stables, mais il existe des cas où la différence entre un atome ${}^{A+1}_{Z+1}M$ et celle d'un atome ${}^{A}_{Z}M$ est connue et presque certainement inférieure à 1. On a par exemple

$$ {}^{80}_{34}Se + {}^{1}_{0}n - {}^{81}_{35}Br = 0,021 \pm 0,012, $$

ce qui correspond à une libération d'énergie d'environ $(20 \pm 10).10^6$ eV. On voit par ce calcul une origine possible de l'énergie de 20 à 30.10^6 eV des électrons observés lors de la formation du radioargent dans ce domaine.

Dans le cas du phosphore (²) et de l'iode le rayonnement de grande énergie serait émis lors de la réaction (II).

En définitive, on sait actuellement provoquer l'émission d'un rayonnement d'énergie comparable à celles des rayons cosmiques mous, ce qui facilitera l'étude des propriétés du rayonnement dans ce domaine d'énergie.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Expériences sur la radioactivité provoquée par les neutrons.* Note de M. **Pierre Preiswerk**, présentée par M. Jean Perrin.

Fermi et ses collaborateurs (³) ont montré que les neutrons d'une source de Rn + Be sont beaucoup plus efficaces pour les transmutations qui résultent de leur simple capture, lorsqu'on les ralentit par une substance hydrogénée (effet protonique).

1. Nous avons comparé l'efficacité d'une source de Rn + B à celle d'une source de Rn + Be. La première donne des neutrons moins nombreux mais moins rapides que la seconde; si les neutrons plus lents sont plus efficaces, on peut penser que les rendements seront comparables. En ramenant à une même quantité de Rn, on trouve que les intensités de radioactivité provoquée par les neutrons de ces deux sources sont dans le rapport : $I_{Be}/I_B = 1$ à 10 pour les corps qui montrent l'effet protonique : Au (période 2, 5 j.), Ag (p. 20 sec.), Th (p. 1 min.), Mn (p. 150 min.), Ag (p. 2 min.), J (p. 30 min.), Cu (p. 6 min.). Pour Si (p. 2,5 min.), Al (p. 12 min.), Fe (p. 2,5 h.), corps insensibles à l'effet protonique, on n'observe aucune

(¹) L'existence du ^{108}Cd stable a été signalée par É. Svensson (*Nature*, 131, 1933, p. 28).

(²) M. P. Preiswerk a montré à l'Institut du Radium que le phosphore peut se transformer par capture simple de neutron.

(³) *La Ricerca scientifica*, 5, 2, f. 7-8, 1934, p. 1; 6, 1, f. 2, 1935, p. 1.

activité avec la source de 300 millicuries de Rn irradiant le bore. Ce sont donc les neutrons rapides $> 5{,}9.10^6$ eV qui sont efficaces dans ces transmutations. Pour la Mg (p. 40 sec.), qui est également insensible à l'effet protonique, le rapport est de 1 : 1, ce qui indique l'existence d'un groupe de résonance pour les neutrons d'énergie comprise entre 0,1 et $5{,}9.10^6$ eV.

2. Nous avons construit quelques courbes d'absorption des neutrons qui provoquent la radioactivité par simple capture dans diverses corps. Des écrans de différents corps ont été interposés entre une source de Rn + Be entourée par un bloc de paraffine et un détecteur en Ag placé à une distance de 15^{cm}. Nous avons mesuré, avec un compteur Geiger-Müller, le nombre des électrons émis par le détecteur après une activation de 2 minutes. Dans ce dispositif, l'interposition des écrans modifie l'intensité, d'une part par absorption de neutrons, d'autre part par leur diffusion : les neutrons diffusés subissent une diminution de vitesse et par conséquent une modification d'efficacité. Les écrans des divers corps, de même grandeur et placés dans les mêmes conditions géométriques, ont donné les valeurs du Tableau I dans lequel les épaisseurs d'écrans sont données en nombre d'atomes par centimètre carré :

TABLEAU I.

	Intensités relatives ± 5.									
Écrans.	B.	Be.	C.	Al.	Cl.	Fe.	Cu.	Ag.	Hg.	Pb.
Sans écran	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1.10^{23} atomes/cm²	25	97	97	96	50	75	80	35	60	90
2 »	–	90	93	95	45	67	65	20	50	75
3 »	–	80	88	90	–	60	55	10	35	60

Une deuxième série de mesures a été faite avec les neutrons directs de la source Rn + Be non ralentis. Les valeurs relatives à Ag comme détecteur figurent dans le Tableau II.

TABLEAU II.

	Intensités relatives ±6.					
Écrans.	C.	Al.	Ag.	Pb.	H.	H(*).
Sans écran	100	100	100	100	100	100
1.10^{23} atomes/cm²	110	105	91	103	210	215
3 »	115	107	86	85	343	410
6 »	105	85	–	–	340	360

(*) Rh comme détecteur.

Pour C, Al, Pb, l'activation par les neutrons directs augmente d'abord

légèrement avec l'épaisseur de l'écran, parce que l'augmentation d'efficacité due au ralentissement des neutrons l'emporte sur la diminution du nombre des neutrons qui traversent le détecteur. La source ne contient initialement que peu de neutrons lents facilement absorbables par Ag. La comparaison entre Ag et Rh comme détecteur montre (en interposant des écrans de H^2O) un maximum plus prononcé pour le Rh.

Pour les neutrons lents Cd, B, Au, Ag, Cl, Hg montrent une forte absorption, ainsi que l'a déjà signalé Fermi. Dans le cas de Al, Fe, Cu, des expériences sur la diffusion indiquent une prédominance de l'absorption par diffusion sur l'absorption par transmutation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectre d'absorption ultraviolet de la méthylamine.* Note de MM. **Victor Henri** et **Wladimir Lasareff**, présentée par M. Georges Urbain.

La vapeur de méthylamine présente dans l'ultraviolet, entre 2529 et 1986 Å, un grand nombre de bandes d'absorption. Les plus intenses de ces bandes sont celles entre 2320 et 2100 Å, leur intensité diminue de part et d'autre de cette région. La sensibilité de l'absorption est très grande; en effet, les bandes apparaissent déjà pour une pression de la vapeur de $0^{mm},1$ sous une épaisseur de 50^{cm}, ce qui correspond à une teneur d'environ $1/5^e$ de milligramme de méthylamine par litre. On peut se servir de la méthode spectrographique pour doser dans une atmosphère quelconque des quantités extrêmement faibles de méthylamine.

Nous avons analysé la structure de ce spectre.

Technique. — La méthylamine a été purifiée avec l'oxyde de mercure d'après la technique de Maurice François (1), elle était absolument exempte d'ammoniaque. Les spectres ont été photographiés avec quatre spectrographes à optique en quartz (E 1, E 383, E 2, E 31 de Hilger) et un spectrographe à vide avec un réseau de 1^m de rayon. La vapeur était contenue dans des tubes de 3, 15, 40, 53 et 100^{cm}, munis de fenêtres en quartz ou en fluorine, à des pressions variant de 0,1 à 432^{mm} et à des températures de 15° à 290° C. Des lampes à hydrogène avec fenêtres en quartz ou en fluorine servaient de sources lumineuses. Les positions des bandes et leurs intensités ont été mesurées à l'aide d'un microphotomètre.

Analyse du spectre. — Le spectre se compose de 45 bandes assez larges

(1) *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 567.

(en moyenne 60 cm^{-1}) ayant une structure caractéristique, les unes comprenant quatre à cinq composantes avec un maximum au milieu, les autres ayant trois à quatre composantes avec un bord net du côté des grandes longueurs d'onde. Par élévation de la température, certaines bandes augmentent fortement en intensité (surtout du côté des grandes longueurs d'onde), d'autres par contre changent faiblement. Ceci permet de reconnaître, quelles sont les périodes de l'état normal des molécules et celles qui appartiennent à l'état activé.

L'ensemble du spectre peut être décomposé en deux groupes de bandes A et *a* qui s'intercalent et qui sont décalés l'un par rapport à l'autre de 2050 cm^{-1}. Le groupe A est le plus intense comprenant des bandes entre 2398 et 1986 Å et le groupe *a* ayant une intensité 100 à 1000 fois plus faible, se distribue entre 2525 et 2197 Å. Le rapport des intensités A : *a* diminue lorsque la température augmente. Les groupes A et *a* se décomposent chacun en trois sous-groupes A_0, A_1, A_2; a_0, a_1, a_2 décalés l'un par rapport à l'autre de 650 cm^{-1} et les intensités étant $A_0 > A_1 > A_2$; $a_0 > a_1 > a_2$, le rapport d'intensité variant fortement avec la température.

Il résulte de l'influence de la température que les fréquences 2050 et 650 cm^{-1} appartiennent à la molécule normale. Chaque sous-groupe A_0, ...; a_0, ... se compose de 6 à 8 bandes distribuées suivant la période moyenne de 1000 cm^{-1}. Cette période appartient à une vibration de la molécule activée.

La formule générale du spectre est la suivante

$$\frac{1}{\lambda} = 42968 + 1000\,v' - 650\,v''_1 - 2050\,v''_2$$

(où $v' = 0, 1, 2, \ldots, 8$; $v''_1 = 0, 1, 2$ et $v''_2 = 0, 1$).

42968 cm^{-1} ($\lambda = 2326,6$ Å) étant la position de la bande intense A^0_0.

La fréquence 2050 cm^{-1} doit être rapprochée de la fréquence de l'état inférieur $X(^2\Sigma)$ du radical C : N qui est égale à 2069 cm^{-1} (bandes du cyanogène). On pourrait donc admettre que la méthylamine a pour formule $H^2C : NH^3$ ainsi que l'avait admis Julius Thomsen (*Thermochemistry*, 1908, p. 428) d'après les données sur les chaleurs de formation des amines et de l'ammoniaque.

L'interprétation complète du spectre observé ne pourra être effectuée qu'après l'étude de la décomposition photochimique et la mesure de la distance C — N par la diffraction des rayons électroniques, entreprises par nous.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Coloration des sels de nickel en solution bromhydrique. Application de la loi d'action de masse en solution concentrée.* Note de M. **Paul Job**, présentée par M. Georges Urbain.

En présence d'une quantité suffisante d'acide bromhydrique, les solutions étendues de sels de nickel passent du vert au jaune verdâtre. Ce changement de coloration, moins net que pour les sels de cobalt ou de cuivre, peut cependant être étudié par la même méthode [1].

Soit une série de solutions, de concentration constante en sulfate de nickel [2] et dont la teneur en acide bromhydrique varie de 0 à 12^{mol} par litre; on mesure leurs coefficients d'absorption pour des longueurs d'onde comprises entre 500 et $700^{m\mu}$. Pour les fréquences les plus faibles, l'absorption reste constante jusqu'à une concentration de 5^{mol} d'acide par litre, elle augmente ensuite rapidement et tend vers une limite atteinte aux environs de 11 N. Lorsque la longueur d'onde diminue, les courbes de l'absorption en fonction de la teneur en acide se déforment peu à peu; vers $620^{m\mu}$, il apparaît un maximum, qui subsiste jusqu'aux environs de $520^{m\mu}$.

Les résultats obtenus peuvent s'interpréter quantitativement [1], en admettant l'existence, dans les solutions, de deux complexes bromés en équilibre avec le sel primitif. Le Tableau suivant indique la composition de ces solutions en fonction de leur concentration en acide à 18°.

BrH (molécules par litre).......	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Sel de nickel primitif (pour 100)...	90	63,2	31,6	10,8	1,9	–	–	–
Premier complexe (pour 100)......	10	36,4	65,2	76	60,6	24	5	1
Deuxième complexe (pour 100)....	–	–	3,2	13,2	37,5	76	95	99

La loi d'action de masse s'applique à la formation de ces complexes dans les mêmes conditions que pour les exemples précédents [1], et l'on est conduit à leur attribuer, indépendamment des molécules d'eau qu'ils peuvent contenir, les formules $(NiBr^2)$ et $(NiBr^4)^{--}$, avec

$$K = \frac{[NiBr^2]}{[Ni^{++}](\gamma m)^2} = 6{,}03.10^{-4} \quad \text{et} \quad K' = \frac{[NiBr^{4--}]}{[NiBr^2](\gamma m)^2} = 1{,}32.10^{-5} \ (^3).$$

Dans les quatre cas étudiés (action de l'acide chlorhydrique sur les sels de cobalt, et de l'acide bromhydrique sur les sels de cobalt, de cuivre et de

(1) P. Job, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 181, et **198**, 1934, p. 827.

(2) Par exemple, 1/10e de molécule par litre.

(3) Les formules entre crochets désignent les concentrations moléculaires, γ et m sont les coefficients d'activité et les molarités de l'acide bromhydrique.

nickel), tout se passe comme si la masse active de l'acide était proportionnelle à son « activité moyenne ». Il doit en être de même, si l'on remplace l'acide par un de ses sels alcalins. Les solutions de sels de cuivre dans le bromure de sodium, présentent les mêmes colorations que dans l'acide bromhydrique. A chaque concentration en BrH [1], correspond une concentration (d'ailleurs plus élevée) en BrNa, telle que les deux solutions présentent la même absorption et, par conséquent, contiennent les complexes bromés en proportions égales. On peut admettre que, dans ces conditions le sel et l'acide ont la même activité moyenne. On peut donc évaluer le coefficient d'activité des solutions de bromure de sodium en fonction de leur dilution. On obtient les résultats suivants :

Nombre de molécules BrNa pour 1000g d'eau	3,9	4,5	5,15	5,85	6,55	7,25	7,9
Coefficient d'activité	1,15	1,42	1,74	1,91	2,35	2,88	3,31

On peut enfin comparer ces valeurs calculées aux valeurs expérimentales, déterminées par Harned et Douglas [2] pour des molarités variant de 0 à 3. Si l'on construit la courbe des coefficients d'activité en fonction de la racine carrée de la molarité, on constate que la partie calculée prolonge sans discontinuité la partie expérimentale. Ce résultat montre que les hypothèses proposées sont cohérentes. Il semble donc que dans les réactions d'équilibre entre électrolytes, où l'un des constituants se trouve à une concentration très élevée, on puisse appliquer la loi d'action de masse, en prenant comme masse active de ce constituant son activité moyenne à la concentration correspondante.

CHIMIE MINÉRALE. — *Application de l'analyse thermique différentielle à l'étude des métaphosphates de sodium anhydres.* Note de M. **André Boullé**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avons appliqué à l'étude des métaphosphates de sodium que nous avions décrits [3] l'analyse thermique différentielle. Pour chacun d'eux, nous avons effectué deux séries d'expériences.

La première donne les courbes d'échauffement C_1 depuis la température

---

(1) A condition qu'elle ne dépasse pas 4mol,5 par litre.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 3098.

(3) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 658.

ordinaire jusqu'au delà du point de fusion : P.F. = 640°, et les courbes correspondantes de refroidissement. On obtient ainsi l'ensemble des phénomènes, fusion comprise.

Pour la seconde série, l'échauffement était arrêté à 625-630° et l'on enregistrait ensuite le refroidissement d'un produit que la fusion n'avait pas modifié; nous appellerons C_2 les courbes de cette série; elles permettent de juger de la reversibilité possible des transformations produites par l'échauffement.

L'examen des clichés conduit aux résultats suivants :

Métaphosphate A (trimétaphosphate soluble). — Les courbes C_1 ne mettent en évidence aucune transformation; on observe uniquement les crochets correspondant à la fusion, puis à la solidification du liquide. Quant aux courbes C_2, elles ne présentent aucun accident; soit, que le produit A provienne de la déshydratation à $550 < t < 640$ de PO^4NaH^2 ou qu'il ait été préparé par la méthode de Knorre.

Métaphosphate A'. — L'analyse thermique du produit *brut* de déshydratation à $t < 300°$ de $P^2O^7Na^2H^2$ fournit des courbes d'échauffement dont le tracé général est moins net que dans les autres cas étudiés; néanmoins deux transformations se manifestent très distinctement :

1° l'une vers 430° correspondant au passage de la forme A' en la forme B insoluble;

2° l'autre s'étendant suivant la rapidité du chauffage de 550 à 590°. Elle correspond au passage à la forme A soluble.

Aucune de ces transformations n'est réversible; c'est ce que montre l'examen : 1° des courbes C_2; 2° des spectres X des produits ayant subi de longs recuits.

Métaphosphate B. — Ce nouveau corps provient du chauffage à $400 < t < 550$ de $P^2O^7Na^2H^2$; la courbe d'échauffement met en évidence le passage à la forme A soluble; celui-ci suivant la vitesse de chauffe, débute au plus tôt vers 525° pour se terminer au plus tard vers 590°.

Cette transformation n'est pas réversible (comme précédemment examen des courbes C_2 et des spectres X des produits longuement recuits).

Métaphosphate C (hexamétaphosphate vitreux). — Le produit C pulvérisé cristallise brusquement entre 300° et 310°; la cristallisation est terminée vers 330°-340°. Aucune modification n'est enregistrée ensuite jusqu'à la fusion, suivie uniquement au cours du refroidissement du palier dû à la solidification.

Ces résultats confirment :

1° la non-existence dans les conditions énoncées du tétramétaphosphate de sodium;

2° la filiation que nous avions indiquée

méta A′ → méta B → méta A → méta C.

Aucune de ces transformations n'étant réversible, les températures de passage d'une variété à la suivante sont déterminées d'une manière approchée; elles varient avec la vitesse et la durée de chauffe des produits et ne correspondent nullement à des points de transformation réversible.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'orthoarséniate disodique et sur ses hydrates.* Note de MM. **André Chrétien** et **Pierre Genet**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons déterminé, d'une manière précise, les équilibres entre solutions et solides relatifs au système H^2O — AsO^4HNa^2, dans tout l'intervalle de température accessible sous la pression atmosphérique. Antérieurement, seule existait une étude s'étendant seulement de 0° à 35° (¹).

La courbe de solubilité (I) est formée de six branches. Les solides correspondants sont, en plus de la glace, les hydrates

$AsO^4HNa^2, 12H^2O$ (BC), $AsO^4HNa^2, 7H^2O$ (CD),
$AsO^4HNa^2, 5H^2O$ (DE), $AsO^4HNa^2, 1/2H^2O$ (EF),

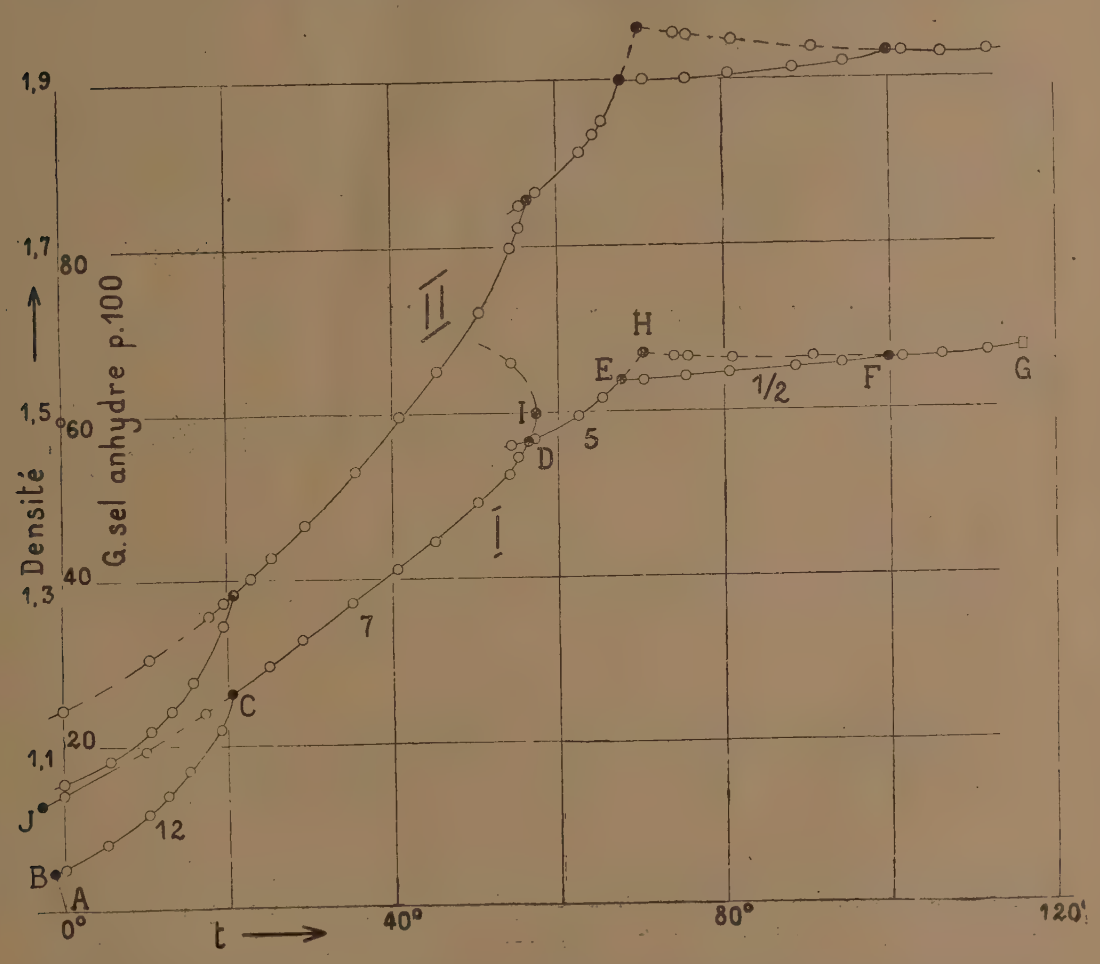
et le sel anhydre AsO^4HNa^2 (FG). Les cinq branches de sels se raccordent par quatre points de transition, dont voici les caractéristiques, et celles du point cryohydratique :

	Phases solides.	Température.	Gr. AsO^4HNa^2 pour 100.
Point B....	Glace — $AsO^4HNa^2, 12H^2O$	— 1°,24	4,6
» C....	$AsO^4HNa^2, 12H^2O$ — $AsO^4HNa^2, 7H^2O$	20,4	26,2
» D....	$AsO^4HNa^2, 7H^2O$ — $AsO^4HNa^2, 5H^2O$	56,2	56,4
» E....	$AsO^4HNa^2, 5H^2O$ — $AsO^4HNa^2, 1/2H^2O$	67,5	63,5
» F....	$AsO^4HNa^2, 1/2H^2O$ — AsO^4HNa^2	99,6	66,2

L'heptahydrate possède le plus grand domaine d'existence dans l'échelle des températures. La branche correspondante se prolonge en deçà du point C jusqu'au point d'eutexie métastable (J) (température, — 2°,73;

(¹) Rosenheim et Thon, *Z. anorg. Chem.*, 167, 1927, p. 7.

concentration, 12g,7 AsO^4HNa^2 pour 100). Elle se prolonge, d'autre part, au delà du point D, atteint le point I, qui correspond à un maximum de température, avec tangente parallèle à l'axe des concentrations, puis le dépasse. La solution relative au point I a la même composition que le solide



(59g,8 AsO^4HNa^2 pour 100). L'équilibre métastable correspondant à ce point remarquable s'observe à 57°,2. I est un point indifférent.

Le pentahydrate (¹) ne peut exister comme phase solide stable que dans un intervalle de température de 11°, mais il se rencontre comme solide métastable.

(¹) Le pentahydrate a été découvert par E. Cornec, Schreiber et Selva (*Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 51, P. V., 1932, p. 45) par déshydratation à température constante, dans un courant d'air d'humidité constante, du dodécahydrate $AsO^4HNa^2, 12H^2O$.

L'hémihydrate possède un domaine de stabilité, relativement grand, qui s'étend de 67°,5 à 99°,6. Il ne se forme pas spontanément, en général; il faut amorcer. Son existence n'a jamais été signalée [1].

L'orthoarséniate disodique anhydre s'obtient facilement par évaporation à chaud ou par refroidissement. Il subsiste en équilibre métastable. Sa branche a été prolongée jusqu'à son intersection avec celle du pentahydrate. Le point de transition correspondant (H) est confondu pratiquement avec le point de fusion du pentahydrate. La solution en équilibre métastable avec le pentahydrate solide et le sel anhydre renferme, en effet, $67^g,1$ AsO^4HNa^2 pour 100, et le pentahydrate $67^g,4$; température, 70°,2.

La température normale d'ébullition de la solution saturée (point G) est 116°0.

La courbe des densités des solutions saturées (II) présente une allure analogue à la courbe de solubilité.

Tous les points remarquables : points d'eutexie, points de transition, point indifférent (équilibres stables et équilibres métastables) ont été confirmés par analyse thermique.

Le travail présente des difficultés à mesure que la température s'élève, par suite de l'intervention d'équilibres métastables, et de la viscosité des solutions, qui devient grande : à 100°, $\eta = 0,2655$ c. g. s, $d = 1,929$; pour l'eau, à 100°, $\eta = 0,0029$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'acide iodomercurique.*

Note de M. **Fernand Gallais**, présentée par M. Georges Urbain.

Dès 1827, Boullay [2] indique que le biiodure de mercure se dissout facilement dans les solutions concentrées chaudes d'acide iodhydrique, à raison de 1^{mol} pour 1^{mol}. Par refroidissement, ces solutions abandonnent du biiodure de mercure, puis des aiguilles jaunes transparentes; d'après les propriétés de ces solutions et des eaux-mères de ces cristaux, Boullay attribue à ces aiguilles la formule HgI^2, IH; Gmelin envisage également ces cristaux comme renfermant $HgI^2.IH$. M. François [3], par contre, leur

(1) Depuis, Selva a retrouvé l'hémihydrate par voie sèche à partir d'un échantillon de pentahydrate, préparé par voie humide, fourni par nous.

(2) *Ann. Chim. Phys.*, 2e série, 34, 1827, p. 357.

(3) *Thèse doctorat ès sciences*, Paris, 1901.

a attribué, en 1901, la formule $3HgI^2.2IH.10H^2O$, « la seule incertitude pouvant porter sur la quantité d'eau de cristallisation ». En raison des difficultés que présentent la préparation de ces cristaux, et surtout leur conservation (ils se décomposent presque instantanément à l'air) je n'ai pas tenté de les analyser. Leur individualité chimique ne pourrait d'ailleurs être établie avec certitude que par une étude méthodique du système qui leur donne naissance, comme cela a été fait pour le système HgI^2, KI, H^2O (1).

Je me suis proposé, au contraire, d'établir la constitution des solutions diluées d'iodure de mercure et d'acide iodhydrique. Berthelot (2) ayant trouvé que la dissolution du biiodure de mercure dans l'acide iodhydrique ou dans l'iodure de potassium produit sensiblement la même quantité de chaleur, on pouvait présumer, indépendamment de toute considération d'analogie chimique, que ces solutions présentaient une constitution comparable.

Cependant, lorsque j'ai cherché à suivre la réaction du bichlorure de mercure sur l'acide iodhydrique par des mesures de conductibilité, soit en employant le procédé que j'ai utilisé pour l'iodure de potassium (3), soit en appliquant rigoureusement la méthode des variations continues (4), je n'ai obtenu aucun résultat qui fût assez net pour être probant.

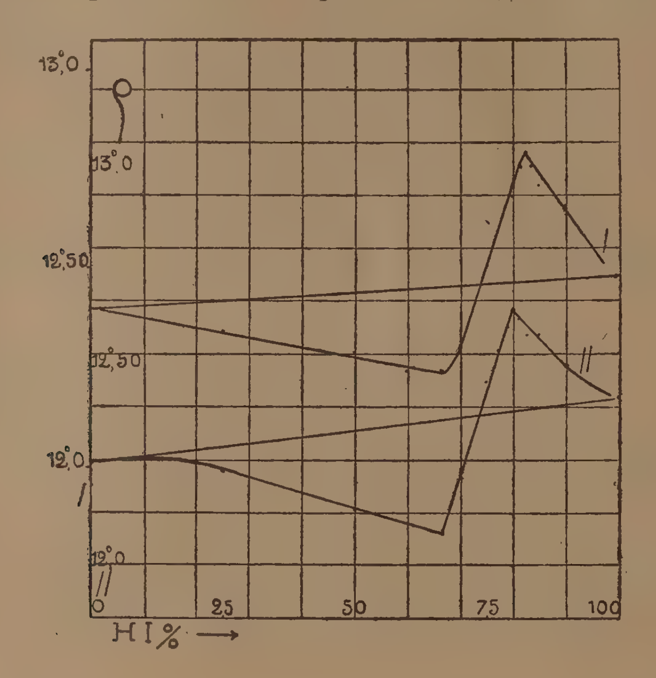
J'ai tenté alors de mettre à profit les propriétés magnéto-optiques exceptionnellement favorables qui ont été indiquées il y a fort longtemps pour l'iodomercurate de potassium. En 1893, en effet, O. Schönrock (5) attribue déjà à ce composé un pouvoir rotatoire magnétique moléculaire dix fois supérieur à celui du bichlorure de mercure. J'ai donc utilisé la mesure de l'effet Faraday pour l'étude des mélanges $HgCl^2 + IH$ par la méthode des variations continues. Cette application, qui, à ma connaissance, n'avait encore jamais été réalisée, m'a donné des résultats très satisfaisants.

Les mesures ont été faites pour la raie verte du mercure $\lambda = 0{,}5461\,\mu$, la chute de potentiel magnétique le long du rayon lumineux étant de 244.10^3 gauss-centimètres. Un analyseur à pénombre, permettait de préciser les pointés à un centième de degré près environ.

La courbe I représente la rotation observée dans ces conditions pour le mélange des

(1) M. PERNOT, *Thèse doctorat ès sciences*, Paris, 1932.
(2) *Bull. Soc. Chim.*, **38**, 1882, p. 369.
(3) F. GALLAIS, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 875.
(4) P. JOB, *Ann. Chim.*, 10e série, **9**, 1928, p. 113.
(5) O. SCHÖNROCK, *Z. Ph. Ch.*, **11**, 1893, p. 782.

solutions aqueuses dixième moléculaires de IH et de $HgCl^2$ en proportions relatives variant de 0 à 100 pour 100. Elle présente un maximum très net pour le mélange à 82,5 pour 100 sensiblement de IH. La courbe II a été obtenue parallèlement avec des solutions de même concentration dans l'alcool à 20°; son maximum correspond très exactement au mélange à 80 pour 100 de IH. (Les droites qui exprimeraient la loi d'additivité ont un coefficient angulaire si faible que les courbes d'écart à l'additivité diffèrent extrêmement peu des courbes expérimentales; je ne les ai pas reproduites



pour cette raison.) Les deux courbes traduisent en outre par un second point anguleux correspondant à 66,6 pour 100 de IH la précipitation totale du mercure sous forme de biiodure.

Le complexe se formerait donc en solution dans l'alcool à 20° par action d'une molécule de $HgCl^2$ sur quatre molécules de IH :

$$Cl^2Hg + 4IH = (HgI^4)H^2 + 2ClH,$$

tandis qu'en solution acqueuse, sa formation donnerait lieu à un équilibre

$$Cl^2Hg + 4IH = (HgI^4)H^2 + 2ClH.$$

Je n'ai pas répété ces expériences pour des concentrations plus faibles parce qu'elles auraient trop perdu de précision. Mais la similitude que présentent ces résultats avec ceux que j'ai obtenus par des méthodes différentes, pour plusieurs iodomercurates, permet de penser que l'anion complexe pré-

dominant dans les solutions d'acide iodomercurique renferme effectivement 4^{at} d'iode dissimulés. L'acide HgI^4H^2 correspond à l'iodomercurate d'argent HgI^4Ag^2 que j'ai préparé. Par contre, je n'ai pu obtenir d'iodomercurate d'éthyle avec un rendement appréciable, ni par éthérification directe, ni par action de l'iodure d'éthyle sur l'iodomercurate d'argent.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transposition moléculaire acétylène-allène-diénique graduelle des halogènehydrines.* Note de M. **Al. Favorsky** et Mlle **Tatiana Favorskaja**, présentée par M. Auguste Béhal.

Sous l'action de l'acide chlorhydrique en présence de Cl^2Cu et $ClNH^4$ le diméthylacétylénylcarbinol donne la chlorhydrine correspondante, Éb. 76°, poids spécifique 0,9061,

$$\left.\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right>COH—C\equiv CH \quad\rightarrow\quad \left.\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right>CCl—C\equiv CH$$

(I). Méthyl-2-ol-2 butine-3. (II). Méthyl-2-chloro-3-butine-3.

donnant un dépôt blanc avec la solution ammoniacale de l'oxyde d'argent. On obtient la même chlorhydrine pendant une action brève de l'acide chlorhydrique sur cet alcool en présence de Cu^2Cl^2 et NH^4Cl; si la réaction dure longtemps, la chlorhydrine s'isomérise dans ces conditions dans le sens indiqué :

$$\left.\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right>CCl—C\equiv CH \quad\rightarrow\quad \left.\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\right>C=C=CHCl$$

Méthyl-2-chloro-2-butine-3. (III). Méthyl-2-chloro-4-butadiène-2.3.

Le nouveau chlorure bout à 102-103°, poids spécique 0,9515, avec la solution ammoniacale de l'oxyde d'argent il ne donne pas de dépôt, oxydé par le permanganate de potassium, il donne l'acide oxy-*iso*-butyrique. Chauffé avec de l'eau en présence du carbonate de calcium, il subit les transpositions suivantes :

$$\begin{matrix}CH^3\;\;CH^3\\ \diagdown\diagup\\ COH\\ |\\ C\\ |||\\ CH\end{matrix} \;\leftarrow\; \begin{matrix}CH^3\;\;CH^3\\ \diagdown\diagup\\ CCl\\ |\\ C\\ |||\\ CH\end{matrix} \;\leftarrow\; \begin{matrix}CH^3\;\;CH^3\\ \diagdown\diagup\\ C\\ ||\\ C\\ ||\\ CHCl\end{matrix} \;\rightarrow\; \begin{matrix}CH^3—C—CH^2\\ \|\quad\;\; |\\ CH—CHCl\end{matrix} \begin{matrix}\nearrow\; \begin{matrix}CH^3—C\\ |||\\ CH\end{matrix} + \begin{matrix}CH^2\\ ||\\ CHCl\end{matrix}\\ \searrow\; \begin{matrix}CH^3—C=CH^2\\ |\\ CH=CHCl\end{matrix}\end{matrix}$$

(I). (II). (III). (IV). Méthyl-2-chloro-4-butadiène-1.3.

La formation de l'allylène fut prouvée par son hydratation en acétone, la formation de l'α-chlorisoprène (éb. 99-100°, poids spécifique 0,9543*), par la réaction avec l'anhydride maléique.

CH²; CH³—C; CH; CHCl + CH—CO, CH—CO >O → CH²; CH³—C; CH; CHCl; CH—CO, CH—CO >O → CH²; CH³—C; CH; CH; CH—CO, C——CO >O

CH²; CH³—C; CH; CH; CH—CO, C——CO >O + CH—CO, CH—CO >O → CH²; CH³—C; CH—CO; CH; CO; CH; O; CO; CH; C——CO; >O; C

(IV).

La réaction est accompagnée par un dégagement abondant de gaz chlorhydrique. On a éliminé et caractérisé deux acides dicarboniques à p. f. 210-211° et 239-241° et deux acides tétracarboniques à p. f. 298-299° et 352-353°.

L'étude des autres halogènehydrines, de formule $C^nH^{2n-3}X$, sera poursuivie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'une méthyl et d'une diméthylhexite.* Note de M. **Joseph Wiemann**, présentée par M. Robert Lespieau.

L'oxydation par le chlorate d'argent et l'acide osmique nous a permis, à M. Lespieau et à moi, de faire la synthèse de la mannite racémique et de l'allodulcite (¹); en opérant en solution très étendue (8g de produit à oxyder par litre), j'ai pu depuis porter le rendement à 32 pour 100 de produits cristallisés.

La même méthode devait donner, appliquée au vinyl-propénylglycol,

(¹) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1946, et **195**, 1932, p. 886.

des méthylhexites, dont on ne connaît jusqu'à présent que les rhamnohexites, appliquée au dipropénylglycol, des diméthylhexites, dont aucune n'est connue actuellement. C'est bien ce que j'ai observé.

1° Le premier de ces glycols m'a fourni ainsi, avec un rendement de 20 pour 100, un corps de formule brute $C^7H^{16}O^6$ (C pour 100 : 43,02; H pour 100 : 7,9 pour 42,86 et 8,1) : F. = 190°; celui-ci, additionné de cinq fois son poids d'anhydride acétique puis maintenu 6 heures à 140°, a donné une hexa-acétine $C^{19}H^{28}O^{12}$ (C pour 100 : 50,58; H pour 100 6,29 pour 50,89 et 6,25), fondant à 142°. On est donc bien en présence d'une hexite $CH^3—(CHOH)^5—CH^2OH$. Sa constitution dans l'espace reste encore à déterminer; mais on peut déjà dire que les deux premiers radicaux oxhydriles ont la position suivante :

```
H     OH
|     |
—C————C—
|     |
OH    H
```

Ils proviennent, en effet, de la fixation de deux OH sur une liaison éthylénique amenée par l'aldéhyde crotonique, fixation faite par le chlorate d'argent et l'acide osmique; or comme l'ont montré Milas et Terry [1], et Géza Braun [2], on a dans ce cas une cis-addition, comme avec le permanganate de potassium; et d'autre part l'aldéhyde crotonique, ainsi que l'acide qui en dérive, ont une liaison éthylénique *trans* [3].

2° Le dipropénylglycol de Charon, toujours dans les mêmes conditions, m'a donné une diméthyl-hexite $C^8H^{18}O^6$ (C pour 100 : 45,51; H pour 100 : 8,65 au lieu de 45,71 et 8,57) avec un rendement de 12 pour 100; le point de fusion en est 250° au bloc Maquenne avec décomposition, et 245° au tube capillaire chauffé assez rapidement. Traitée par l'anhydride acétique cette hexite donne, avec un rendement quasi quantitatif, une hexa-acétine fondant à 157°-159°, et après purification à 160°; elle a bien pour formule $C^{20}H^{30}O^{12}$ (C pour 100 : 51,65; H pour 100 : 6,49 pour 51,45 et 6,49).

En essayant la même oxydation sur le dipropénylglycol symétrique, que j'ai préparé précédemment [4], je n'ai pas obtenu cette hexite, qui vu sa

---

(1) *Jour. Amer. Chem. Soc.*, **47**, 1925, p. 1412.

(2) *Jour. Amer. Chem. Soc.*, **51**, 1929, p. 228-248.

(3) Voir Milas et Terry, *loc. cit.* et Mlle Blanche Gredy et M. Léon Piaux, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1235.

(4) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1654.

faible solubilité dans l'eau (inférieure à 0,5 pour 100) et l'alcool est très facile à isoler; il faut donc que celle-ci dérive du dipropénylglycol racémique,

$$CH^3-CH=CH-\underset{OH}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\underset{H}{\overset{OH}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-CH=CH-CH^3,$$

et ceci nous fait connaître les positions relatives des deux oxyhydriles du centre de la molécule; nous connaissons aussi celles des deux oxhydriles voisins des extrémités; ce sont les mêmes, et pour les mêmes raisons, que chez le vinyl-propénylglycol; de plus dans la synthèse de l'allodulcite et de la *dl*-mannite précédemment citée, les deux oxhydriles se sont toujours fixés du même côté que les deux oxhydriles déjà présents; dans ces conditions la formule la plus probable pour la diméthyl-hexite en question serait celle d'un mélange racémique du corps répondant à la formule

$$(1)\qquad CH^3-\underset{OH}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{CH}}}}-\underset{H}{\overset{OH}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\underset{H}{\overset{OH}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\underset{OH}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\underset{OH}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\underset{H}{\overset{OH}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-CH^3$$

avec son inverse optique; il reste à vérifier par des méthodes d'oxydation que les oxhydriles des carbones 3 et 4, 5 et 6 ont bien la position relative indiquée, et je m'y emploie.

PÉDOLOGIE. — *Sur l'histoire des sols des terrasses inférieures du Rhin en Haute-Alsace.* Note de M. **J. Franc de Ferrière**, présentée par M. Lucien Cayeux.

J'ai eu l'occasion, pendant l'hiver 1931-1932, de relever de nombreux profils de sols le long de la tranchée creusée pour la pose du pipe-line d'évacuation au Rhin des eaux résiduaires des Mines de potasse de la région de Mulhouse. La tranchée observée coupait, en direction Est-Ouest, les sols des alluvions modernes du Rhin entre les villages de Blodelsheim et Rumersheim, ceux du niveau inférieur de la Basse-terrasse, et ceux du niveau moyen de la Basse-terrasse, en forêt de la Harth. Plus à l'Ouest, le pipe-line pénètre dans la vallée de l'Ill. Ces divers niveaux sont tous dépourvus de couverture lœssique.

Les sols des alluvions modernes sont peu différenciés. La roche-mère C y

est constituée par un limon sableux fin, calcaire, de couleur jaunâtre. Le sol superficiel ne présente pas de décalcification par rapport à sa roche-mère; il s'en distingue par sa teinte noirâtre, due à l'humus calcique. Les points bas du terrain présentent une accumulation d'humus plus forte, avec teinte noire plus accentuée. Si nous rapprochons ces sols de ceux décrits par les pédologues russes, nous sommes amené à les comparer aux *sols de tchernozioms* de la steppe moyenne qui présentent un horizon supérieur A_0 teinté par l'humus reposant sur la roche-mère C, sans différenciation éluviale et illuviale bien nette. Notons qu'actuellement la plaine de Haute-Alsace bénéficie d'un climat faiblement pluvieux. L'indice d'aridité, selon E. de Martonne, est de 23 à Colmar; or, d'après cet auteur, la forêt n'apparaît en général qu'au-dessus de l'indice 30. Le sol à faciès substeppique des alluvions modernes est donc le sol climatique actuel de la plaine du Rhin.

Le niveau inférieur de la Basse-terrasse nous montre encore des sols noirs, mais ici ils sont partiellement décalcifiés; et au voisinage du rideau qui porte la limite de la forêt de la Harth, ils offrent l'aspect de sols bruns rougeâtres entièrement décalcifiés et à réaction voisine de la neutralité. Ils présentent cependant encore vers le bas une couche humifère noirâtre, qui les sépare de la roche-mère sableuse. Il se rapprochent par conséquent des sols que les pédologues russes appellent des *tchernozioms dégradés*, sols de steppes secondairement envahis par la végétation forestière. Il semble que ces sols aient passé successivement par un stade steppique herbeux analogue à celui observé actuellement sur les sols d'alluvions modernes, puis par un stade forestier, la forêt n'ayant réussi à envahir qu'une partie de la surface de cet échelon et ayant ensuite abandonné sa conquête.

Le niveau moyen de la Basse-terrasse porte la forêt de la Harth. Nous observons ici les sols les plus évolués : ils sont partiellement podsolisés, présentant en certains points à leur partie inférieure des accumulations d'humus calcique noirâtre. Ce sol brun présente cinq horizons pédologiques distincts : A_0 horizon humifère supérieur, brun grisâtre, acide (pH 5,0), A horizon éluvial jaunâtre, acide et lavé de la majeure partie de ses colloïdes argilo-ferrugineux, B_1 horizon illuvial d'accumulation des colloïdes argileux fortement rubéfiés, B_2 horizons illuviaux humide et calcaire, C roche-mère. La forêt s'est établie ici aussi sur un sol primitivement steppique ou substeppique et y a constitué peu à peu un sol brun partiellement podsolisé, sol typique des vieilles forêts de chênes. Cette essence est aujourd'hui encore l'essence dominante de la Harth.

L'histoire pédologique des terrasses inférieures du Rhin, dans la région mulhousienne, présente donc les phases suivantes qui s'encadrent dans les périodes climatiques de Blytt-Sernander et Hartz-Johansen : le niveau moyen de la Basse-terrasse, lorsqu'il a été abandonné par le fleuve a vu d'abord se développer à sa surface un sol noirâtre, couvert de végétation herbacée, sous un climat relativement sec, assez analogue au climat actuel. Cette période correspond à l'époque *boréale* sèche, à climat continental. L'époque *atlantique* humide et tiède a vu se constituer la forêt de la Harth, avec ses sols forestiers bruns, faiblement podsoliques : le chêne s'installe dans la plaine alsacienne. Au *Subboréal* à nouveau plus sec, le niveau inférieur de la Basse-terrasse, exondé à son tour, se couvre d'une végétation herbacée, génératrice de sols noirs. Au *Subatlantique*, reprise de l'influence atlantique humide, la forêt envahit une partie du niveau inférieur; nous retrouvons aujourd'hui sa trace sous forme de sols bruns ayant dégradé les sols noirs.

Enfin, à *l'époque actuelle*, qui a vu émerger les alluvions modernes, correspond la formation des sols noirâtres, substeppiques, à la surface de ces alluvions, et le recul de la forêt de la Harth. Celle-ci s'est aujourd'hui réfugiée sur les anciens sols forestiers les plus évolués, datant de la période atlantique; elle présente en divers endroits des signes de dépérissement, qui paraissent dus au climat local actuel de la plaine d'Alsace peu favorable à la végétation forestière.

La forêt de la Harth s'est donc installée à l'époque atlantique sur le niveau moyen de la Basse-terrasse du Rhin, émergé un peu avant le Boréal, c'est-à-dire avant le début du Flandrien moyen défini par G. Dubois. L'influence climatique humide, qui a permis ce développement de la végétation forestière, est contemporaine de la transgression marine de la mer à Littorines du Flandrien moyen. Après une régression forestière au Subboréal, une seconde extension forestière s'est produite en Alsace au Subatlantique (début du Flandrien supérieur); elle est suivie aujourd'hui d'un recul dû à un dessèchement du climat.

GÉOLOGIE. — *Sur le Stéphanien supérieur et le Permien du bassin de Villé en Alsace.* Note de M. **Georges Renouard**, transmise par M. Charles Barrois.

Le bassin permien de Villé est une dépression synclinale tracée en direction varisque sur le versant alsacien des Vosges moyennes. On y connaît,

sous une couverture triasique démantelée, des lambeaux de Houiller et de Permien reposant sur un socle hercynien antéstéphanien. Ces couches ont été étudiées par Élie de Beaumont, Daubrée, Vélain, et du point de vue paléobotanique par Boulay, Zeiller, Sterzel; leur stratigraphie qui est surtout due à Benecke et Van Werveke [1] a fait l'objet de mises au point récentes [2]. J'en ai repris l'étude, m'efforçant surtout d'en revoir la flore fossile (à l'exception de la flore stéphanienne de Lalaye).

1° L'*assise d'Albé* (= *Erlenbach*) (105^{m} d'épaisseur minimum) schisto-conglomératique avec houille à la base, calcaro-dolomitique avec lits de cinérites [3] vers le sommet, est placée tantôt dans le Stéphanien, tantôt dans l'Autunien en raison des caractères mixtes de sa flore déjà décrite par mes prédécesseurs et dont j'ai retrouvé la plupart des éléments. A côté de ceux-ci, j'ai pu récolter *Sphenopteris cristata* Brongn., *Odontopteris subcrenulata* Rost, *Tæniopteris multinervis* Weiss. Les deux dernières espèces accentuent les affinités autuniennes de la flore, qui pourtant ne contient pas *Callipteris conferta* (observation de mes prédécesseurs que je ne puis que confirmer). Par ses caractères stratigraphiques et lithologiques, l'assise d'Albé rappelle celle de Breitenbach (Ottweiler supérieur) du Stéphanien supérieur sarro-lorrain [4], avec toutefois des dissemblances silvatiques marquées.

J'ai retrouvé les calcaires ou dolomies de l'assise d'Albé au nord-est du bassin, comme l'avaient observé déjà Daubrée et Boulay, à Itterswiller, Nothalten, Neumatten, Heissenstein, ainsi qu'à Bernardvillé, sous l'Eichelberg où, grâce à des travaux vicinaux, j'ai pu observer leur intercalation normale entre le socle hercynien préstéphanien (quartzophyllades de Villé) et les arkoses et schistes de Triembach [5].

II. Le *Permien* est représenté par les assises de Triembach (équivalente de l'Unterrotliegendes sarrois), de Meisenbuckel (équivalente de l'assise de

---

(1) *Mitt. Geol. Landesanst. Els. Loth.*, 3, 1892, p. 45-103.

(2) Jung, *Contr. Géologie Vosges hercyniennes d'Alsace*, 1928, p. 418-424; Dubois, *Exposé somm. Géologie de l'Alsace et des Vosges*, 1934, p. 29-36.

(3) Un lambeau rhyolithique que j'ai reconnu au flanc ouest de l'Ungersberg, paraît se placer vers le sommet de l'assise d'Albé ou au plus haut, vers la base de l'assise de Triembach.

(4) Pruvost, *Bassin houiller Sarre et Lorraine*, 3, 1934, p. 94-95.

(5) Je ne conserve donc pas la manière de voir de Benecke et Van Werveke qui avaient attribué les couches d'Heissenstein au Permien, en les plaçant sur les schistes de Triembach.

Sötern sarroise), de Kohlbächel (équivalente des assises de Wadern et Kreuznach sarroises). Les deux premières appellent des remarques nouvelles.

L'*assise de Triembach* (70^{m}), ensemble de poudingues (à galets de rhyolite à la base), arkoses, schistes gris ou violacés, parfois charbonneux, lits de rognons dolomitiques, nombreux troncs silicifiés vers la base, a livré à mes prédécesseurs une flore autunienne à Villé (Puits du Diable) et Albé (carrière d'arkose à taches arsenicales). De nouvelles fouilles à la carrière d'Albé, à Triembach (construction d'habitation), à Horwarth (talus d'une route) m'ont permis de récolter de nombreux échantillons se rapportant pour une part importante à des formes non encore citées dans le bassin de Villé et dont voici la liste :

Adiantites recentior Gd'Eur., *Sphenopteris* cf. *subelegans* Sterzel, *Pecopteris Bucklandi* Brongn., *Callipteridium pteridium* Schl., *Callipteris Naumanni* Gutbier, *C.* cf. *flabellifera* Weiss, *C. Jutieri* Zeiller, *Neuropteris obliqua* Brongn., *Alethopteris Costei* Zeiller, *Annularia* (?) *sphenophylloides* Zenker, *Walchia hypnoides* Brongn., *Cordaicarpus* cf. *sclerotesta* Brongn., *C.* cf. *Eiselianus* Geinitz, *Trigonocarpus* cf. *Schultzi* Göpp. et Berger, (?) *Samaropsis*, *Polypterocarpus*.

La flore autunienne de l'assise de Triembach permet l'assimilation de celle-ci à l'Unterrotliegendes sarrois, sans qu'on en puisse ici retrouver avec netteté les subdivisions (sans doute par suite de l'absence du faciès de Lebach dans le bassin de Villé).

Dans l'*assise de Meisenbuckel* ou *Mæusebuckel* (60^{m}), j'ai relevé des alternances répétées de lits de cinérites avec des lits d'argiles et de brèches sédimentaires à éléments éruptifs (on sait que l'assise de Sötern en Sarre est, elle aussi, riche en produits éruptifs avec lits cinéritiques).

GÉOLOGIE. — *Résultats d'analyses polliniques de tourbes littorales flandriennes entre Penmarc'h et Concarneau.* Note de M. **Georges Dubois** et Mme **Camille Dubois**, transmise par M. Charles Barrois.

Désireux de comparer l'histoire forestière flandrienne des rivages méridionaux du Finistère, à celle de ses rivages septentrionaux, précédemment esquissée [1], nous avons exploré plusieurs tourbières littorales entre la presqu'île de Penmarc'h et Concarneau, le festonnement du rivage nous

---

[1] *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1145.

ayant fait espérer que certaines de ces tourbières avaient pu recueillir du pollen échappé de l'ancienne forêt de Cornouaille couvrant les terres avancées de Pont-l'Abbé et Fouesnant.

A. *Tourbe du vallon de Talamot.* — Cette tourbe est la plus instructive de toutes celles examinées. Elle forme le sous-sol du vallon de Talamot qui aboutit au nord-ouest de Concarneau à la plage des Grands Sables Blancs, en baie de la Forest. Le vent d'Ouest n'apporte guère aujourd'hui, à la plage comme au vallon, que les embruns de la baie. Dans la prairie face à Ty Chupen Gwen, notre sonde a traversé jusqu'à $4^m,40$ de tourbe très pure, molle, riche en débris végétaux, avec pollens nombreux à plusieurs niveaux, moins fréquents à d'autres. L'analyse pollinique accuse la présence d'un groupement silvatique d'Aulne et de Chêne depuis le début jusqu'à la fin de la formation tourbeuse, avec prédominance successive alternée d'Aulne, de Chêne, d'Aulne encore, de Chêne pour terminer. Le Coudrier est rare avec quelques poussées irrégulières. Orme et Pin ne sont représentés que par de très rares pollens; on n'observe pas de Hêtre.

Sur la *plage des Grands Sables Blancs*, affleure une tourbe dure et compacte, découverte lors des grandes marées, submergée à marée haute. De l'examen des lieux et de l'analyse pollinique, nous avons pu conclure que la tourbe submergée n'est que le prolongement vers l'aval, des couches basses de la tourbe du vallon de Talamot. Nous évaluons : 1° que le gisement tourbeux submergé a été décapé de ses couches supérieures sur environ $2^m,50$ d'épaisseur par l'érosion marine; 2° que les couches restantes ont pu être comprimées ensuite de un tiers environ de l'épaisseur qu'elles possédaient avant leur submersion.

B. *Tourbes de Loctudy.* — Tout le long du rivage avoisinant Loctudy, s'alignent de petits gisements tourbeux submergés à marée haute, signalés par M. Barrois sur la carte géologique (feuille de Pont-l'Abbé). Ils ont pu recevoir directement, porté par les vents dominants, du pollen venu des terres de Penmarc'h, Pont-l'Abbé. Deux gisements se sont montrés assez riches en pollens : celui de *Kervilzic* ($0^m,80$ d'épaisseur) et celui de *Saint-Oual* (Penanguer) ($0^m,60$ d'épaisseur). Tous deux montrent sensiblement le même diagramme pollinique : Chêne croissant aux dépens de l'Aulne; Hêtre présent à presque tous les niveaux bien que peu abondant; Coudrier et Orme de fréquence moyenne; Pin très rare.

C. *Conclusions.* — Toutes les tourbes examinées sont sensiblement de même âge flandrien moyen.

Les terres massives de Penmarc'h, Pont-l'Abbé ont porté des forêts de

Chêne avec un peu de Hêtre, l'Aulne occupant les dépressions voisines des tourbières. En baie de Concarneau ouverte aux vents du large, le Hêtre n'est pas représenté; il ne devait exister sans doute qu'à l'intérieur des terres.

Vers la fin de la transgression flandrienne, les dépressions couvertes d'Aulnes ont été envahies par la mer; l'Aulne a plus ou moins disparu, le Chêne a persisté : on le voit encore le long des berges des *rivières* (rias) toucher la mer de ses branches à marée haute.

Le gisement de Talamot-Grands Sables Blancs montre que dans l'étude des tourbes submergées il faut éventuellement tenir compte de l'existence de couches supérieures de tourbe enlevées par l'érosion marine et de la compression des couches respectées par celle-ci.

GÉOLOGIE. — *Variations de débit des sources thermales d'Aix-les-Bains.* Note de M. **Georges Schneider**, présentée par M. Louis de Launay.

Nous avons appelé (¹) débit propre des sources thermales d'Aix-les-Bains, la différence entre le débit mesuré et le débit des eaux étrangères qui se mélangent aux eaux thermales dans la région des émergences. En pratique, on calcule celui-ci en admettant que les températures propres des eaux thermales sont de 46°7 pour la source Alun, de 43°4 pour la source Soufre, c'est-à-dire égales aux maxima de températures observées, et que les eaux étrangères sont à la même température que les eaux recueillies dans un drain superficiel établi au-dessus des sources, à trois mètres de profondeur moyenne dans les alluvions. Les débits propres sont notés au moins une fois par semaine, depuis octobre 1933, et les résultats reportés graphiquement, en comptant en abscisses les débits propres d'Alun et en ordonnées ceux de Soufre. On considère seulement ici les observations correspondant à une température mesurée de 42°9 au moins pour l'eau de Soufre.

Les points représentatifs s'alignent sur une droite L_1 dont la pente $p_1 = \Delta Dps/\Delta Dpa$, quotient des variations de débit des deux sources, est de l'ordre de 1/12. Puisqu'à chaque instant D*ps* et D*pa* correspondent à une même charge, au point M où le courant thermal unique se divise pour suivre soit le filon de Soufre, soit celui d'Alun, on en conclut que *les pertes*

(¹) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 80.

de charge des écoulements distincts dans ces filons sont proportionnelles aux débits propres. Ceci s'accorde bien avec l'ordre de grandeur des vitesses d'écoulement notées aux griffons des sources : quelques centimètres à la seconde. On peut penser que les vitesses en profondeur ne sont pas beaucoup plus considérables.

De 34,4 l/sec le 29 mars 1934, le débit propre d'Alun est tombé à 18,8 le 8 décembre 1934, soit en moins 45 pour 100 du maximum observé. C'est que le mois de mars fut très pluvieux et l'été particulièrement sec. Parallèlement, on a noté des diminutions de débit, entre mars 1932 et octobre 1934, de 33 pour 100 à la Grande Source de Salins-Moûtiers et à la Source Hybord de Brydes, entre mai 1932 et septembre 1934, de 45 pour 100 à la source de l'Échaillon de Saint-Jean-de-Maurienne. *L'ampleur de ces variations résulte du fait que, pour les sources d'origine météorique et de type filonien, comme les précédentes, le débit n'est qu'exceptionnellement constant.* En l'absence de pluie, le taux de décroissance du débit propre de la source Alun est d'environ 0,05 à 0,15 l/sec par jour, suivant la valeur initiale de ce débit, dout il est une fonction croissante. Les pluies provoquent une augmentation de débit beaucoup plus rapide : ainsi il a fallu 73 jours, pour que le débit propre d'Alun tombe de 23,6 à 20 litres (août-octobre 1934), tandis qu'en 7 jours (décembre 1934), ce débit a augmenté de 20 à 23,6, à la suite des pluies (60^{mm} environ à Aix ou à Annecy). Pour ce type de sources, un seul chiffre de débit n'a pas d'intérêt ; il faut déterminer *les valeurs limites des débits pour une pluviosité normale.*

Les variations du débit propre de Soufre sont moins importantes que celles d'Alun : 16 pour 100 seulement du débit le plus fort en 1934. Cela s'explique : la perte de charge depuis le point M jusqu'à l'émergence, est d'environ 12^{m} plus grande pour l'écoulement de Soufre, dont le griffon est situé 12^{m} plus bas que celui d'Alun. Les deux écoulements s'effectuant avec des vitesses du même ordre, on en conclut que *le filon de Soufre est plus long ou plus étroit.* Dès lors, une même variation de perte de charge correspond à une variation de débit plus faible pour Soufre que pour Alun. On comprend en outre pourquoi la température de Soufre est inférieure à celle d'Alun : cela est dû à *un refroidissement plus accentué des eaux de Soufre au terme de leur ascension;* on ne pourrait admettre un mélange à température constante d'eau froide avec de l'eau de Soufre.

Le taux de décroissance du débit propre de Soufre, le long de la droite L_1 est, au maximum, de 0,003 à 0,1 l/sec par jour, suivant la valeur initiale du débit, dont il est une fonction croissante. Au total, pour les

deux sources, le taux de décroissance du débit varie de 0,16 à 0,05 l/sec environ, c'est-à-dire est réduit au tiers, quand le débit propre global diminue de 43,4 à 31,2 l/sec, c'est-à-dire est ramené à 70 pour 100 de sa valeur initiale. Si l'ensemble des cavités souterraines, qui constituent le réservoir origine alimentant les sources thermales, était un cylindre vertical, le taux de décroissance varierait proportionnellement au débit, puisque la perte de charge est proportionnelle à celui-ci. Le taux décroissant beaucoup plus vite, *le réservoir origine doit s'évaser en profondeur,* ce qui est un facteur de stabilité du débit des sources. Il est remarquable qu'on soit amené aussi indirectement à cette conclusion qui paraît bien d'accord avec les idées de M. Martel.

SISMOLOGIE. — *Sur l'étude des sismogrammes.*
Note de M. G. **Demetrescu**, présentée par M. Charles Maurain.

Considérons une oscillation sismique représentée par l'équation

$$(1) \qquad x = \mathrm{B}\, e^{at} \sin \omega t, \qquad \omega = \frac{2\pi}{\mathfrak{T}},$$

$\mathfrak{T}$ étant la période, supposée constante, de l'oscillation sismique, B et a des constantes.

Il est facile de démontrer que, dans ce cas, la courbe enregistrée par un sismographe est représentée par l'équation suivante

$$\theta = \mathrm{J} + \mathrm{A}\, e^{at} \sin \omega t,$$

où θ est l'élongation du style, A une constante, J l'intégrale du premier membre de l'équation différentielle de mouvement du pendule; $\theta = \mathrm{J}$ exprime le mouvement libre sous l'impulsion initiale.

Le pendule étant amorti, son oscillation libre, par conséquent le terme J, s'annulent après un court intervalle de temps, si d'autres impulsions discontinues n'interviennent pas; on a $\mathrm{J} = 0$, et la courbe enregistrée se réduit à

$$(2) \qquad \theta = \mathrm{A}\, e^{at} \sin \omega t.$$

Si donc on trouve sur un sismogramme quelques oscillations se succédant avec une période constante $\mathfrak{T}$ et des amplitudes variant suivant une loi exponentielle, on est en droit de considérer ces oscillations comme produites par un mouvement du sol représenté par l'équation (1).

Il est facile de déterminer dans ce cas les éléments des ondes sismiques.

L'équation du mouvement est

$$\theta + 2nh\int\theta\,dt + n^2\int dt\int\theta\,dt + Ct + D = -Vx \qquad \left(n = \frac{2\pi}{T_0}\right);$$

T_0 étant la période d'oscillation libre du pendule non amorti, h la constante d'amortissement, V le facteur d'agrandissement géométrique, C, D les constantes d'intégration.

En substituant la valeur de θ dans cette équation, en posant

$$u = \frac{n}{\omega} = \frac{\mathfrak{T}}{T_0}, \qquad \alpha = \frac{a}{\omega},$$

$$M = -1 - \frac{2\alpha}{1+\alpha^2}hu + \frac{1-\alpha^2}{(1+\alpha^2)^2}u^2, \qquad P = \sqrt{M^2+N^2},$$

$$N = \frac{2}{1+\alpha^2}hu + \frac{2\alpha}{(1+\alpha^2)^2}u^2, \qquad \operatorname{tang}\omega\tau = \frac{N}{M}$$

et, en laissant de côté le terme linéaire $Ct + D$, l'équation du mouvement devient

$$x = \frac{P}{V}Ae^{at}\sin(\omega + \tau). \tag{3}$$

Pour $a = 0$, on a

$$x = \frac{P}{V}A\sin\omega(t+\tau), \qquad P = \sqrt{(u^2-1)^2 + 4h^2u^2}, \qquad \operatorname{tang}\omega\tau = \frac{2hu}{u^2-1}, \tag{4}$$

et l'on reconnaît, au signe près de τ, l'équation généralement utilisée à l'étude des oscillations sismiques de période et d'amplitude constantes.

La différence sur le signe de τ est explicable : dans l'équation (4) l'origine du temps est déterminée par la condition $\theta = 0$; dans l'équation généralement utilisée par la condition $x = 0$.

Quant aux valeurs des constantes A et a ou α, elles se déterminent facilement. Désignons par $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \ldots,$ les valeurs absolues des élongations maxima du style pour les ondes considérées. On a

$$A = \theta_1\sqrt{\frac{\theta_1}{\theta_2}}, \qquad A_2 = \theta_1^2\sqrt{\frac{\theta_1}{\theta_3}}, \qquad \ldots, \qquad A^{i-1} = \theta_1^{i-1}\sqrt{\frac{\theta_1}{\theta_i}};$$

$$a = 2\frac{\log\theta_2 - \log\theta_1}{\mathfrak{T}\log e} = \ldots = 2\frac{\log\theta_i - \log\theta_{i-1}}{\mathfrak{T}\log e};$$

$$\alpha = 0,733[\log\theta_2 - \log\theta_1] = \ldots = 0,733[\log\theta_i - \log\theta_{i-1}].$$

Les calculs de réduction seront facilités par l'emploi de certaines tables que nous avons l'intention de publier.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Phase de la composante diurne du gradient de potentiel électrique terrestre.* Note de M. R. **Guizonnier**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai donné la variation annuelle moyenne de cette phase pour la station du Val-Joyeux de 1925 à 1931 ([1]). La même méthode d'analyse a été utilisée, à partir des valeurs moyennes horaires mensuelles, pour poursuivre l'étude de cette phase sur toutes les données que j'ai pu me procurer. Les résultats ainsi obtenus permettent de classer les observatoires en trois groupes.

Groupe A. — *Le maximum de la composante diurne se produit à midi ou à quelques heures de midi* (heure locale).

A ce groupe, appartient Chesterfield (1933), le cap Horn (nov. 1882-avril 1883), le Val-Joyeux (1925 à 1931), Munich (1906), le Colorado (1930-1931), Stanford (1932), Tucson (1932), Apia (1906-1907 et 1927-1928-1929), Huancayo (1932).

Groupe B. — *Le maximum a lieu à minuit.*

C'est le cas de Batavia (1899-1900-1901), Johannesburg (1929-1930), Tokio (1902-1903), Watheroo (1932).

Groupe C. — *Pour une même station, le maximum tend à se produire vers midi* (*groupe* A), *ou vers minuit* (*groupe* B). En hiver, les stations du groupe C peuvent êtres rattachées au groupe A. En été, certaines d'entre elles doivent être rangées parmi les stations B : Pavlovsk (1925-1926), Watheroo (1932); pour les autres, l'heure de maximum de la composante diurne est voisine de midi ou de minuit, suivant les mois : Stanford (1929), Christchurch (1929), Helwan (1906-1907), Helsinfords (1895-1896). Pour l'observatoire de l'Ebre (1927-1928-1929 et 1910-1911-1912), le maximum, en été, d'après les valeurs moyennes, se produirait vers 20^h. Afin de contrôler ce résultat, qui ne correspond pas à l'ensemble des résultats obtenus pour les autres stations, l'analyse a été faite, jour par jour, pour ce même observatoire, sur les données des mois de juillet 1927-1928-1929. Elle a montré que l'heure du maximum de la composante diurne est, suivant les jours, voisine de midi ou de minuit; par suite, la phase, recherchée sur des valeurs moyennes, ne saurait donner

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1299.

l'allure réelle du phénomène étudié. Cette station doit donc être rattachée, en été, suivant les jours, soit au groupe A, soit au groupe B.

Conclusions. — C'est l'*heure locale* qu'il faut envisager quand on étudie la phase de la composante diurne du gradient de potentiel électrique terrestre.

On ne peut mettre en doute *l'influence du Soleil* sur la phase de cette composante, car l'analyse a montré que c'est : 1° vers son passage au méridien du lieu que se produit le maximum ou le minimum de la composante ; 2° en été que cette coïncidence est le mieux réalisée ; 3° pour les stations voisines de l'équateur que cette coïncidence se montre le plus rigoureusement tout le long de l'année.

On peut penser, comme le suggère Brown (¹), à une influence de la « hauteur de l'ionosphère, produite par la radiation solaire ». Celle-ci, en effet, a été trouvée minima le jour (couche E), maxima la nuit (couche F), et il a été rencontré des jours anormaux, pour lesquels un minimum de hauteur se produit vers minuit, ce qui expliquerait les renversements de la phase de la composante diurne du gradient. Avant d'affirmer une telle correspondance, il faudrait savoir si l'anomalie des deux phénomènes se produit en même temps et si, pour les stations B, le minimum de la hauteur de la couche ionisée se produit la nuit dans le phénomène normal.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sucre, cendres, azote et phosphore dans les Betteraves fourragères et sucrières et dans leurs hybrides.* Note de MM. **Henri Colin** et **Eugène Bougy**, présentée par M. Marin Molliard.

L'histoire de la Betterave sucrière montre que le taux des cendres et de l'azote n'a fait que baisser dans la souche à mesure que sa teneur en sucre augmentait ; la sélection saccharimétrique à éliminé automatiquement une bonne partie des matières minérales et azotées, on peut juger par là à quel point ces corrélations sont fondées en nature. Elles ressortent avec plus d'évidence encore de l'analyse comparative de nos variétés actuelles de fourragères et de sucrières. On a, par exemple, pour 100 de sucre :

	Poids moyen.	Cendres carbonatées.	Azote.
Fourragère (Jaune de Vauriac)...........	600g	18,5	2,83
Sucrière (Vilmorin A)..................	480g	3,5	1,07

(¹) *Physical Review*, 47, 1935, p. 259.

En ce qui concerne le phosphore, l'un des fertilisants essentiels, les analyses d'Andrlik-Urban (1902-1907), comparées à celles de Wolff (1871), révèlent une augmentation de P^2O^5, de 10,9 à 13,9 pour 100, dans les cendres de la souche. Mais durant cette période la Betterave à sucre s'est déminéralisée dans une forte proportion, au détriment des sels solubles de potasse et de soude. De fait, E. Saillard [1] résume ainsi, quant au phosphore dans la Betterave *entière*, ses analyses des trente dernières années :

Richesses saccharines..	9-10	15,5-17	17-18,5	18,5-20
P^2O^5 (°/₀ de sucre)....	1,20	0,98	0,63	0,80

Pour notre part, nous avons effectué de nombreux dosages de phosphore sur plusieurs variétés de Betteraves fourragères (Vauriac, Géante rose, Mangold) et sucrières (Vilmorin A, Kuhn) cultivées côte à côte en pleine campagne et en jardin. Le phosphore a été évalué par la méthode de Copaux sur un échantillon moyen de la souche décortiquée. Pour éviter les pertes par incinération, on a minéralisé la pulpe par le procédé sulfo-nitrique. Voici les chiffres obtenus :

	Fourragères.			Sucrières.	
	Vauriac.	Géante.	Mangold.	Vilmorin A.	Kuhn.
Campagne.					
Poids des racines........	1340g	3140g	2220g	715g	1200g
Matière sèche (°/₀).......	9,10	8,72	5,70	21,80	19,82
Sucre (°/₀ du sec)........	51,86	45,87	50,35	85,60	78,05
P^2O^5 (°/₀ du sec)........	0,65	0,63	0,94	0,30	0,38
P^2O^5 (°/₀ de sucre).......	1,25	1,37	1,86	0,34	0,48
Jardin.					
Poids des racines........	390g	–	330g	165g	290g
Matière sèche (°/₀).......	10,00	–	8,35	20,40	21,80
Sucre (°/₀ du sec)........	52,40	–	55,80	81,02	80,82
P^2O^5 (°/₀ du sec)........	0,89	–	0,81	0,44	0,29
P^2O^5 (°/₀ de sucre).......	1,69	–	1,45	0,54	0,36

Il n'est pas douteux qu'en dépit de fluctuations importantes les Betteraves sucrières ne renferment moins de phosphore, par rapport à la matière sèche. et *a fortiori* par rapport au sucre, que les Betteraves à fourrage. La même conclusion se dégage de l'analyse des hybrides F^2 entre fourragère (Vauriac) et sucrière (Vilmorin A.). Sur deux lots, à 8,9 et 14,0 de richesse moyenne,

(1) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 504.

nous avons trouvé, respectivement, 0,63 et 0,46 de P^2O^5 pour 100 de pulpe sèche. Même parmi les Betteraves sucrières, les variétés *riches* (26-27 de matière sèche, 19-20 de sucre) ont moins de phosphore que les *productives* (23-25 de matière sèche, 16-18 de sucre) : 0,29 de P^2O^5 pour 100 de sucre, au lieu de 0,36 [1].

Le phosphore insoluble à chaud dans l'acide acétique dilué n'est qu'une faible partie du phosphore total, un sixième environ pour les sucrières, moitié moins pour les fourragères, toujours plus riches que les précédentes en phosphates minéraux, cela fait, pour les deux sortes de Betteraves, un pourcentage de phosphore insoluble assez voisin, compris entre 0,05 et 0,07 de P^2O^5 pour 100 de matière sèche. Mais pour un même poids de matière organique, et à plus forte raison de sucre, le phosphore insoluble est plus abondant chez les Betteraves à fourrage.

Il en va de même pour l'azote, toutes proportions gardées, aussi, dans nos analyses, le phosphore et l'azote insolubles sont-ils dans un rapport constant, égal à 7/100, quelles que soient les variétés de Betteraves.

Plus de cendres, moins de sucre, plus d'azote, plus de phosphore, tels sont les principaux caractères physiologiques de la Betterave fourragère comparée à la sucrière; ils sont en corrélation avec l'insuffisance du bouquet foliaire, la taille de la racine, la masse d'eau qu'elle contient, sa vascularisation parcimonieuse et le développement exagéré du parenchyme.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de la môle, maladie du champignon de couche. Essais de culture et d'infection.* Note de MM. **Jean Chaze** et **André Sarazin**, présentée par M. Julien Costantin.

Après avoir étudié et décrit les perturbations apportées par la môle à l'intérieur du champignon de couche [2], nous avons poursuivi nos travaux dans la voie expérimentale. Nous nous sommes proposé de rechercher d'une part si les milieux naturels où se produit la fructification du Psalliote étaient propres à la germination et au développement des parasites; nous avons, d'autre part, procédé à des essais expérimentaux d'infection de la maladie par injections, piqûres et incisions dans les différentes régions du Psalliote.

(1) C. Smolenski et J. Zaleski, *Publ. Inst. Belge de la Betterave*, 2, n° 4, 1934, p. 10.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 343.

Ces essais ont été effectués au laboratoire et parallèlement à l'intérieur des champignonnières à Carrières-sur-Seine.

L'examen micrographique des fumiers n'a pas permis de déceler les spores de la Môle. La terre de gobetage (calcaire broyé) ne présente des spores en quantité notable qu'après un séjour dans la cave où est apparue la maladie. Mais de tels résultats sont notoirement insuffisants, car ils ne portent que sur des quantités infimes des milieux. Nous avons ensuite ensemencé séparément sur des blocs de fumier les spores de môle (*Mycogone* et *Verticillium*). Les résultats ont été négatifs pour les deux formes fongiques; tout aussi bien sur des fumiers avant leur entrée dans la champignonnière, que sur ceux ayant séjourné dans la carrière où ils ont été épuisés progressivement par la culture du Psalliote. Ces essais portent donc sur 5 mois environ que dure la préparation des meules et la cueillette des champignons. Pendant cette période le fumier a subi non seulement une diminution dans sa valeur nutritive, mais aussi une variation dans son pH qui passe de 7,6 à 6,4. Il y a lieu de noter que les mêmes fumiers traités à l'autoclave se prêtent bien à la culture des deux parasites, en particulier du genre *Mycogone*. Les terres de gobetage qui servent de revêtement au fumier ne permettent pas la germination de la môle, même après stérilisation. L'ensemble de cette expérimentation a été repris dans les champignonnières et a donné, en général, des résultats identiques. Nous noterons néammoins, que les spores de *Mycogone* sont tuées après un passage de deux jours dans la masse du fumier en fermentation (température oscillant autour de 70°), alors qu'elles résistent à l'étuve à 70° pendant 8 jours et à 95° pendant 4 heures.

Des blocs de fumier stérilisés où étaient développés des filaments et des spores de môle ont été enfouis dans les parties superficielles et profondes de la meule en pleine production, au bout d'un mois, la môle ne s'est pas accrue, et les blocs de fumier stérilisé contenant les parasites ont été envahis par les hyphes du champignon de couche.

Nous avons procédé ensuite à des infections de la maladie (pied, chapeau, lamelles hyméniales), soit sous forme d'injections liquides d'une suspension des spores, soit à des incisions ou piqûres où étaient introduites à sec des quantités notables de spores de môle provenant de cultures pures ou de champignons malades broyés au mortier. Les résultats ont été les suivants : les spores de *Verticillium* se développent assez bien en surface, en particulier au niveau des lamelles hyméniales en un duvet blanchâtre, mais les filaments végétatifs n'émettent pas de prolongements dans le

faux-tissu. Les spores de *Mycogone* présentent une activité encore moins grande : dans quelques rares cas les chlamydospores ont germé et seulement sur des cellules fortement lésées, elles n'ont pas envahi le périthèce et jamais nous ne sommes parvenus à provoquer un envahissement caractérisant, même faiblement, la maladie telle que nous l'avons fait connaître. Cette défense naturelle du champignon de couche à l'invasion de la maladie est d'autant plus prononcée que le Psalliote a une vitalité plus grande (différence très marquée entre les essais de laboratoire et ceux effectués dans les champignonnières).

Des faits exposés ci-dessus, il résulte que la môle ne peut être contractée par l'appareil fructifère du Psalliote. La môle ne peut donc commencer que par la base (région des cordons mycéliens) ainsi que l'avait décélé l'examen micrographique du *blanc* des champignons malades où nous avions vu des spores en germination. Cependant le petit nombre de champignons atteints à côté de l'énorme quantité de spores produites par un seul sujet attaqué; l'existence de champignons sains au milieu d'autres en putréfaction, laissent à supposer que l'infection ne peut se faire que dans certaines conditions physiques, qui affaiblissent le blanc telles qu'une humidité excessive, le manque d'air ou une poussée de fermentation du fumier, causes qui, d'après les observations des champignonnistes, amènent une recrudescence de la maladie. Ces assertions ont été vérifiées expérimentalement de la manière la plus précise; nous citerons seulement l'expérience que nous considérons comme la plus importante et qui montre d'une façon irréfutable que seuls les cordons mycéliens sont le siège du début de la maladie. En effet, si l'on broye des filaments mycéliens (blanc) avec de la terre de gobetage et que l'on y ensemence des spores de môle, celles-ci germent normalement aux dépens des filaments tués; les résultats identiques sont obtenus en tuant le blanc par l'alcool.

Dans les champignonnières, seules les spores se trouvant sur la terre de gobetage germeraient sur des détritus organiques décomposés par les bactéries, ou sur des filaments dégénérés ou morts; la maladie gagnerait de proche en proche les cordons mycéliens et se propagerait ensuite dans l'appareil fructifère. Les filaments très sains étant impropres à la germination des spores parasites, c'est d'ailleurs ce que démontrera un prochain travail.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le calcium et la mue des Crustacés brachyoures.* Note de Mme **André Drilhon**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Au cours d'un travail d'ensemble sur la biochimie des Crustacés, nous avons montré les variations de divers constituants chimiques liées au déséquilibre qui se produit dans le sang de certains Crustacés au moment de la mue.

Dans la continuation de nos recherches analytiques, le calcium occupait un des premiers plans en raison du rôle joué par ce cathion dans la formation de la carapace calcaire. La bibliographie déjà vaste sur ce sujet étant souvent contradictoire, nous avons repris tous les dosages en utilisant la

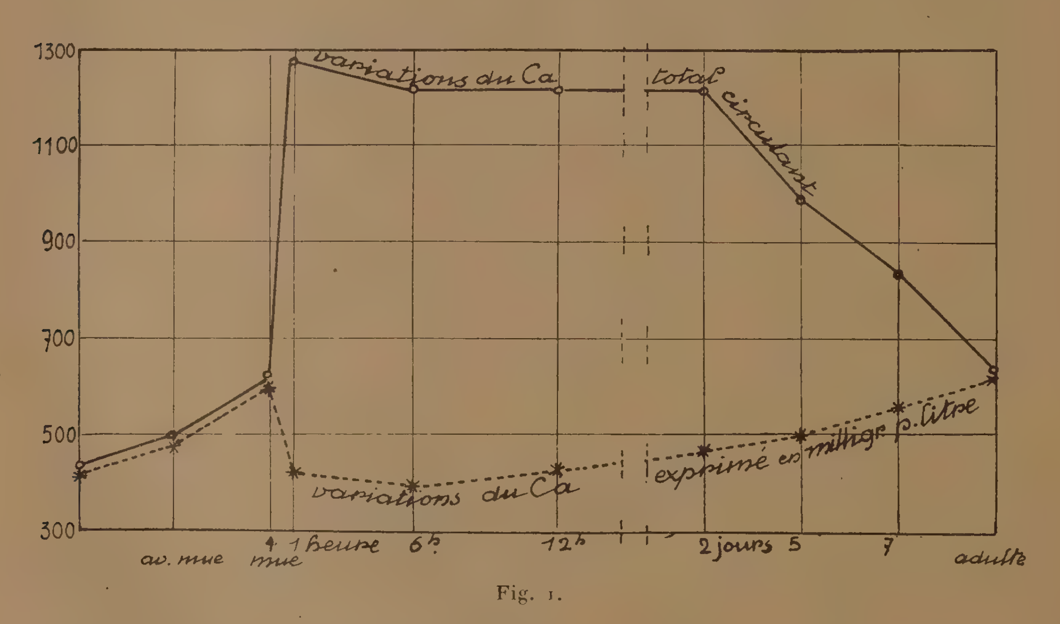


Fig. 1.

technique de Velluz et Deschazeaux (après minéralisation de l'hémolymphe par la méthode nitro-perchlorique).

Nous avons donc suivi les variations de ce cathion sur le crustacé brachyoure *Maia squinado* aux diverses époques de son développement et, en particulier, à tous les stades qui précèdent ou suivent le phénomène de la mue. Nous avons établi avec nos résultats la courbe ci-dessus, représentée en pointillé (*fig.* 1).

Nous avons simultanément suivi les variations de volume de liquide cavitaire, par rapport au poids total de l'animal, rapport qui augmente

dans une proportion considérable à l'époque de la mue, et que figure le tracé ci-dessous (*fig.* 2).

Si donc on rapporte les variations de calcium non plus à 1000^{cm^3} de liquide cavitaire, mais au volume total de liquide circulant, on obtient une nouvelle courbe qui nous permet d'établir les conclusions suivantes :

1° La quantité de calcium dissous dans l'hémolymphe des Crustacés bra-

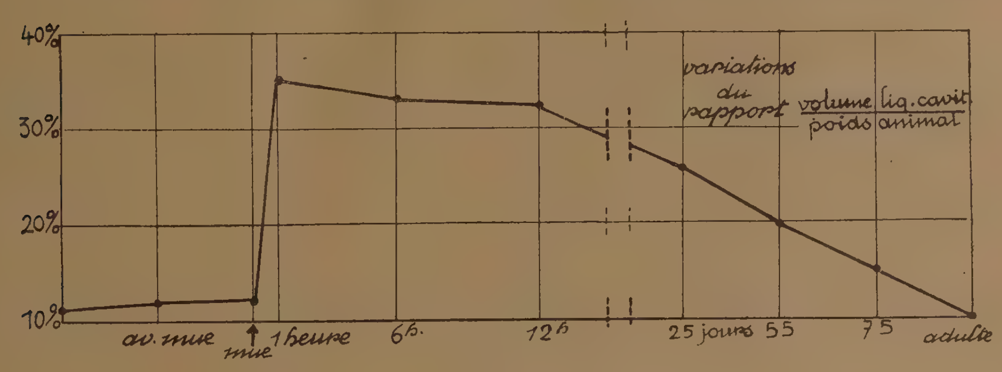


Fig. 2.

chyoures oscille entre des limites assez étroites tout en présentant, néanmoins une nette augmentation de la concentration moyenne à la période qui précède la mue ;

2° L'augmentation considérable subie par le volume de la masse sanguine à cette époque *critique* de la vie de l'animal aboutit à introduire dans la masse du liquide circulant une quantité de calcium triple de celle couramment transportée ;

3° Cette quantité anormale de calcium sanguin va se résorber progressivement au fur et à mesure de la constitution de la carapace calcaire qui s'édifie à l'extérieur.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Comportement de Poissons physostomes ayant subi l'extirpation de la vessie natatoire*. Note de M. **Joseph Meierhans**, présentée par M. Maurice Caullery.

Soumis à une diminution graduelle de la pression s'exerçant à la surface du bocal qui le renferme, un Poisson physostome rejette par la bouche de grosses bulles de gaz provenant de la vessie natatoire par le moyen du canal pneumatique. J'ai, en effet, montré que la ligature du canal supprime complètement cette émission gazeuse. Le rejet de bulles de gaz par la bouche

se fait régulièrement à la cadence d'une bulle environ par demi-centimètre de dépression. Lorsque la diminution de pression a atteint environ 40^{cm} à 45^{cm} Hg, commence un autre phénomène qui se superpose au précédent : l'extraction des gaz de l'eau. La paroi interne du récipient, le corps du Poisson, le grillage métallique qui sépare ce dernier de la surface se couvrent de fines bulles d'air qui se dégagent, principalement lorsque l'animal s'agite vigoureusement et les détache de leurs supports.

Après retour à la pression normale, le Poisson, dont la vessie est en grande partie vidée, tombe alourdi sur le fond. Remis dans son aquarium, il garde cette attitude pendant plusieurs jours : souvent il s'élance vers la surface par de vigoureux coups de nageoires, mais retombe aussitôt. Il est incapable de nager avec aisance entre deux eaux, comme il le faisait précédemment.

Pour montrer que les gaz dégagés par le Poisson ne proviennent « pas exclusivement ni principalement de la vessie natatoire », Rabaud et Verrier [1] ont extirpé la vessie aérienne à des Poissons physostomes tels que la Tanche. Pour une pression qui n'est pas indiquée, mais comprise entre 776 et 260^{mm}, l'animal « expulse par la bouche de nombreuses bulles de gaz. Quelques-unes s'échappent également par les opercules. Le corps et les nageoires se couvrent de bulles très fines... ». L'animal est, comme un poisson normal, attiré vers la surface, subit des ascensions et des chutes passives. Après retour de la pression normale, le Poisson tombe sur le fond, immobile. En somme, Poissons avec ou sans leur vessie natatoire se comporteraient à peu près de la même manière.

J'ai repris cette expérience en extirpant la vessie aérienne de 6 Vengerons (*Leuciscus rutilus*) et 9 *Carassius auratus* que j'ai soumis, après guérison, à la décompression.

1° *Expériences sur L. rutilus.* — Les animaux se tiennent sur le fond du récipient. Lorsque la dépression atteint environ 10^{cm}, ils sont entraînés passivement vers la surface. Pour une dépression de 33 à 44^{cm} suivant les individus, ils restent même collés contre le grillage qui les sépare de la surface. Pendant toute cette période, je ne les ai pas vu émettre une seule bulle de gaz par la bouche. La diminution de pression s'accentuant, ils se couvrent, ainsi que les objets inertes, de fines bulles de gaz. Frappé par le fait que ces Poissons, bien que privés de vessie, se comportaient comme s'ils avaient eu une vessie à canal ligaturé, je les ai autopsiés sous l'eau :

---

(1) *Bull. biol. France et Belgique*, **68**, 1934, p. 188-231 et **69**, 1935, p. 87-136.

j'ai constaté que tous renfermaient dans la cavité péritonéale quelques centimètres cubes de gaz provenant très probablement de la vessie déchirée au cours de l'extraction. Ce gaz jouait le rôle d'une pseudo-vessie natatoire sans communication avec l'extérieur.

2° *Expériences avec C. auratus.* — Pour éliminer cette cause d'erreur, j'ai d'abord vidé presque entièrement la vessie par décompression avant d'opérer les animaux. On peut alors extraire la vessie dégonflée sans la déchirer. Soumis à une lente décompression, les Poissons ainsi traités sont *restés constamment au fond du récipient sans dégager aucune bulle de gaz* jusqu'à ce que la dépression ait atteint 40^{cm} Hg. Si la décompression est poussée plus loin, on voit se produire le phénomène de dégagement de fines bulles d'air au niveau de toutes les surfaces. Après retour de la pression normale, le Poisson se tient au fond, couché sur le flanc.

Pour donner plus de précision à cette expérience, j'ai mesuré au moyen d'un appareil spécial, la quantité de gaz dégagée. Un premier essai sans Poisson permet d'extraire en partie les gaz de l'eau, en abaissant la pression de 65^{cm}. On recueille ainsi environ $0^{cm^3},5$ de gaz. Les Poissons sont ensuite soumis à la décompression en deux temps : d'abord jusqu'à 40^{cm}, pour avoir le gaz de la vessie sortant par la bouche; puis, après retour à la pression normale et lecture, jusqu'à 60^{cm} pour avoir l'ensemble du gaz qui continue à s'échapper de la vessie et de l'air provenant de l'eau. L'expérience a été faite sur 6 *C. auratus*, dont 3 avec et 3 sans vessie :

	Poissons normaux				Poissons sans vessie			
Décompression.	1.	2.	3.	Moy.	1.	2.	3	Moy.
0 à 40^{cm}	0,37	0,35	0,20	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00
0 à 60^{cm}	1,53	1,20	1,70	1,47	0,90	0,30	0,80	0,66
Gaz total......	1,90	1,55	1,90	1,77	0,90	0,30	0,80	0,66

Les quantités dégagées dans la première partie sont nulles pour les Poissons sans vessie natatoire. La moyenne 0,30 représente ce qui s'échappe de la vessie des petits *C. auratus* normaux, pendant cette décompression A partir d'une dépression de 40^{cm}, le gaz qui se dégage représente le gaz de la vessie plus l'air dissous dans l'eau. Pour les Poissons sans vessie, cet air correspond en moyenne à 0,66; pour les Poissons avec vessie, le dégagement gazeux est, pendant ce temps, de 1,47 en moyenne; la différence 0,81 représente l'apport de la vessie pendant la deuxième partie de la décompression.

Conclusions. — Les Poissons sans vessie ne dégagent aucune bulle de gaz

par la bouche tant que la décompression ne dépasse pas 40^{cm} Hg. Leur comportement est absolument différent de celui des Poissons normaux. Il est essentiel de ne pas confondre gaz de la vessie émis par le canal pneumatique et bulles d'air provenant de l'extraction des gaz de l'eau par un vide plus poussé.

HISTOPATHOLOGIE. — *Rage, maladie de Borna et neurones périphériques.* Note de M. **Yervante Manouélian**, présentée par M. Félix Mesnil.

Au double point de vue clinique et histopathologique, la rage et la maladie de Borna présentent de grandes analogies. A l'encontre des bactéries, les virus de ces maladies résistent à la glycérine et s'y conservent longtemps. Fait intéressant aussi : dans les deux maladies, les neurones contiennent des inclusions : corpuscules de Negri, formations de Manouélian et Viala dans la rage; corpuscules de Joest et Degen dans la maladie de Borna. Mais alors que ceux-là se trouvent dans le cytoplasme et les dendrites des cellules nerveuses, les corps de Joest et Degen sont toujours inclus dans le noyau des neurones. Ces inclusions sont les témoins de l'infection, la signature du virus; leur présence, leur localisation respective caractérisent la maladie.

Pour la rage, rappelons que les inclusions existent dans tout le système nerveux central; elles manquent cependant dans le tissu propre de certains organes virulents, glandes salivaires, capsules surrénales entr'autres. Or nous avons montré que si les cellules propres, les cellules parenchymateuses de ces glandes sont dépourvues d'inclusions, les cellules nerveuses intra- et périglandulaires en contiennent autant que les neurones centraux; la virulence de ces organes est due aux neurones glandulaires virulents. De même les neurones parasités de la langue, neurones parfois situés juste au-dessous de l'épithélium de la muqueuse, sont pour nous une des sources de l'infection de la salive; une solution de continuité tant soit peu importante, une éraillure, un frottement même léger, les neurones virulents sont mis à nu et le virus, versé dans la cavité buccale, infecte la salive.

Dans la maladie de Borna, les corps de Joest et Degen existent dans tout le système nerveux central. Ils manquent cependant dans le tissu propre de nombreux organes et glandes, pourtant virulents. Or l'étude histologique de ceux-ci montre que si les cellules parenchymateuses ne contiennent

pas les corps de Joest et Degen, par contre, les neurones contenus dans ces organes en sont pourvus (Nicolau, Galloway et leurs collaborateurs).

Grâce à l'obligeance du professeur Zwick et du professeur Meissner qui ont bien voulu nous envoyer leurs virus, nous avons pu réaliser la maladie expérimentale chez le lapin. Les deux virus se comportent d'une façon à peu près analogue. En nous servant de la même technique que pour l'étude de la rage, nous avons décelé les corps intranucléaires de Joest-Degen dans les neurones du système nerveux central. Nous les avons décelés aussi dans les neurones des glandes salivaires, du pancréas, des capsules surrénales, etc. Pour nous l'infectiosité de ces organes est due aux cellules nerveuses virulentes incluses.

L'étude de la langue aussi nous a donné des résultats intéressants. Les cellules nerveuses intraglandulaires, intramusculaires, ainsi que les neurones de la muqueuse, contiennent les corps de Joest-Degen.

Dans nos travaux antérieurs sur la rage, nous avons développé des considérations sur la possibilité de la contamination de la salive au moment de la sécrétion. Des considérations analogues peuvent s'appliquer à la maladie de Borna. La présence de nombreux neurones parasités au niveau des acini et des canaux excréteurs justifie cette opinion. Et nous pensons que dans cette maladie, l'infection de la salive dans la cavité buccale se réalise aussi par les neurones parasités de la muqueuse de la langue et par le même processus que dans la rage.

MICROBIOLOGIE. — *Action des rayons X mous sur les microbes.* Note de MM. **Baruch Samuel Levin** et **Iwo Lominski**, présentée par M. Charles Achard.

La présente étude a porté sur 20 souches de microbes appartenant à diverses espèces microbiennes notamment Bacilles sporulés, Bacilles acido-résistants, Bacilles Gram-positifs non sporulés, Coques Gram-positifs et Gram-négatifs et Bacilles Gram-négatifs.

L'appareil radiogène construit spécialement pour les recherches biologiques, émettait des rayons X mous à travers une fenêtre d'aluminium de 15^{μ} d'épaisseur. La distance anticathode (en chrome) préparation irradiée était de 30^{mm} seulement. Une circulation d'eau dans le tube même, assurait une température constante d'environ 15°. Avec une tension de 20 kilovolts et une intensité de 20 milliampères l'appareil émettait au niveau

de la fenêtre ±1500 unités rœntgeniennes internationales par seconde. MM. Dognon et Rogozinski ont bien voulu se charger de ces mesures.

Les bactéries placées en goutte pendante dans une cellule en paraffine de 3mm de diamètre recevaient le rayonnement direct. L'irradiation se faisait à la température du laboratoire. Les microbes servant aux expériences provenaient de cultures sur bouillon et gélose âgées de 18 heures à 8 jours. La durée de l'irradiation variait de 1 seconde à 10 minutes. Les bactéries irradiées étaient ensuite ensemencées sur bouillon et gélose. Toutes les manipulations étaient effectuées dans les conditions de stérilité bactériologique.

L'effet bactéricide des rayons était jugé d'après l'absence du développement de la goutte irradiée et ensemencée. La résistance des microbes déterminée de cette façon correspondait donc à la résistance maxima. Dans ces conditions les faits suivants ont été constatés :

1° La dose bactéricide était comprise, suivant l'espèce, entre 30 secondes et 4 minutes d'exposition. Il est difficile d'établir une délimitation exacte basée sur la résistance des microbes aux rayons X. Les propriétés individuelles des souches appartenant au même type microbien et le milieu de culture y jouent un rôle important. Il ressort toutefois de ces expériences que les Bacilles acidorésistants et les Bacilles sporulés étaient les moins sensibles. Les microbes Gram-positifs aussi bien Coques que Bacilles occupaient une place intermédiaire. Enfin les microbes Gram-négatifs montraient la plus grande sensibilité. Ce dernier groupe est moins uniforme dans son comportement que les deux autres groupes.

2° Les microbes qui avaient reçu une dose mortelle subissaient d'importantes altérations morphologiques : désagrégation partielle, agglutination, perte de mobilité en cas de microbes mobiles. Il est à noter que ces phénomènes se présentaient seulement quelques minutes après la fin de l'irradiation.

3° Les doses submortelles déterminaient une phase de latence très marquée par comparaison avec les témoins ; cette phase, pendant laquelle aucun développement perceptible ne pouvait être décélé, pouvait atteindre parfois 5 jours. La phase de latence était souvent suivie d'un brusque développement, et elle était d'autant plus longue que la dose submortelle s'approchait de la dose bactéricide.

4° Les microbes irradiés avec des doses submortelles présentaient certaines particularités du développement portant sur le caractère des colonies. En particulier, on observait l'apparition de colonies du type R en

cultures appartenant au type S et vice versa. Parfois on voyait des anomalies de la chromogenèse. Ces caractères toutefois n'étaient pas stables et le retour au type initial de croissance s'effectuait assez vite souvent dans la même colonie.

5° L'âge de la culture irradiée, dans les limites de 18 heures à 10 jours, de même que le nombre de germes contenu dans la goutte irradiée dans les limites de 1/1 à 1/10 ne semblent aucunement influencer les résultats.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Iridocyclite expérimentale provoquée par virus typhique*. Note (¹) de MM. **Georges Blanc** et **L.-A. Martin**, présentée par M. Félix Mesnil.

M. Nagayo et ses collaborateurs (²), puis L. Monteiro (³), E. Brumpt (⁴), P. Lépine (⁵), ont montré que le lapin, inoculé dans la chambre antérieure de l'œil avec un virus typhique (typhus exanthématique, fièvre pourprée, fièvre boutonneuse, typhus murin), fait une iridocyclite spécifique.

Nous avons obtenu les mêmes résultats, sur le même animal, avec les virus du typhus murin de Casablanca et de Mexico; nous les avons obtenus également sur d'autres animaux domestiques ou de laboratoire, soit avec notre souche marocaine de typhus murin (T. M. C. III), soit avec une souche de typhus exanthématique (virus Nicolle). Nous ne donnerons pas ici le détail de ces expériences. Quelle que soit l'espèce animale sur laquelle nous avons expérimenté, le tableau clinique et anatomopathologique de l'affection oculaire est le même. Les lésions sont celles de l'iridocyclite : envahissement de la chambre antérieure par les leucocytes, avec prédominance de polynucléaires, 83 pour 17 mononucléaires. Un certain nombre de ces leucocytes sont chargés de pigment irien.

Cet envahissement aboutit à un hypopion plus ou moins intense, en même temps qu'à l'inflammation de la membrane de Descemet. La cornée devient opaque, non pas par kératite (sauf s'il y a des lésions traumatiques ou d'infection secondaire), mais par descemétite. Il peut y avoir iritis simple, mais il n'est pas rare d'observer des complications : adhérences,

---

(¹) Séance du 25 février 1935.

(²) *Japan. Journ. Exp. Med.*, **9**, 1931, p. 93.

(³) *C. R. Soc. Biol.*, **107**, 1931, p. 1161.

(⁴) *C. R. Soc. Biol.*, **110**, 1932, p. 1202.

(⁵) *Ann. Institut Pasteur*, **51**, 1933, p. 290.

synéchies antérieures et postérieures, adhérences circulaires (soudure de Knies) pouvant aboutir à la formation de glaucome. La guérison est la règle. Le liquide de la chambre antérieure reste stérile.

Nous avons reproduit cette iridocyclite sur le lapin, le chien, le mouton, la génisse, le porc, l'âne et le singe (*Macaca sylvanus*).

Un premier fait, à retenir de ces expériences, c'est que l'intensité de la réaction oculaire n'est pas proportionnelle à la sensibilité que présente l'animal vis-à-vis de l'infection générale. Un mouton ou une génisse feront une iridocyclite aussi intense qu'un lapin ou qu'un singe. La constatation de ce fait nous a conduits à étudier les réactions d'immunité de ces iridocyclites typhiques.

1° L'IRIDOCYCLITE EXPÉRIMENTALE D'UN ŒIL NE CONFÈRE AUCUNE IMMUNITÉ A L'AUTRE ŒIL. — *Lapins.* — Deux lapins inoculés, l'un avec du Typhus murin de Casablanca, l'autre avec du Typhus murin de Mexico, tous les deux à l'œil gauche, font une très forte iridocyclite.

Ils sont réinoculés à l'autre œil, l'œil droit, l'un 2 mois plus tard, l'autre après 40 jours. Chez tous deux, se développe une iridocyclite.

Ane. — Un âne, inoculé à l'œil gauche, avec du Typhus murin, fait une iridocyclite intense; le liquide de la chambre antérieure se montre virulent pour le cobaye.

L'âne est réinoculé, 1 mois plus tard, dans la chambre antérieure de l'autre œil, œil droit. Une iridocyclite se développe.

2° UNE PREMIÈRE ATTEINTE NE DONNE PAS A L'ŒIL L'IMMUNITÉ CONTRE UNE RÉINOCULATION. — *Lapins.* — Trois lapins sont inoculés à l'œil gauche, dans la chambre antérieure, avec du virus de Typhus murin. Tous trois font une iridocyclite spécifique.

Réinoculés au même œil, après guérison complète, 3 mois après, ils refont, tous trois, une forte réaction oculaire identique à la précédente.

3° L'INFECTION GÉNÉRALE NE DONNE PAS L'IMMUNITÉ OCULAIRE. — *Lapin.* — Un lapin est inoculé dans le péritoine (virus T. M. C. III [1]). Un mois et demi plus tard, il est inoculé à l'œil gauche (virus T. M. C. III). Il fait une forte réaction.

Ane. — Un âne, inoculé à l'œil gauche (virus T. M. C. III) le 6 décembre, fait une iridocyclite spécifique; il reçoit, de plus, trois injections du même virus, par voie intraveineuse, suivant la méthode de Castaneda — chaque injection représente le virus fourni par un rat.

---

(1) C'est-à-dire Typhus murin de Casablanca, souche n° 3.

Le 21 décembre, la réaction de Weil-Felix est positive à 1 pour 700.

L'animal reçoit encore trois inoculations de virus par voie intraveineuse, les 2, 8 et 14 janvier. Le 18 janvier, il est inoculé, toujours avec le même virus (T. M. C. III), dans la chambre antérieure de l'œil droit. Il fait une iridocyclite spécifique.

Singe (*Macaca sylvanus*). — Un magot est inoculé dans le péritoine avec une forte dose de Typhus murin. Il fait une maladie longue et grave, marquée par une belle réaction thermique, amaigrissement et asthénie prononcée.

Un mois plus tard, complètement guéri, il est réinoculé dans le péritoine avec du virus de Typhus murin. Il ne réagit pas, il a acquis l'immunité.

Cependant, inoculé à l'œil gauche en même temps que dans le péritoine, aprés une incubation de quelques jours, il présente une iridocyclite avec descemétite et infiltration de l'humeur aqueuse.

De ces expériences, il ressort que divers animaux de laboratoire ou animaux domestiques réagissent à l'inoculation de virus typhique dans la chambre antérieure par une iridocyclite du même type que celles que l'on provoque chez le lapin ou le cobaye. L'intensité de cette iridocyclite est aussi grande chez les animaux réfractaires ou peu sensibles à l'infection typhique que chez les animaux qui réagissent par une infection générale. Cette sensibilité de l'iris, non influencée par l'immunité naturelle des animaux d'expérience, ne l'est pas davantage par l'immunité provoquée. Une première atteinte d'iridocyclite ne confère pas à l'œil une immunité marquée.

En conclusion, l'iris nous apparaît, vis-à-vis de l'infection typhique, comme indifférent à l'immunité naturelle ou acquise de l'organisme dans lequel il est inclus et où il se comporte comme un organisme indépendant.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 2 janvier 1935.)

Note de M. *Jules Drach*, Sur l'Intégration logique des équations de la Dynamique à deux variables :

Page 25, ligne 4, l'exposant de $xy' - y$ est 3 et non 2.

(Séance du 11 février 1935.)

Note de MM. *Albert Michel-Lévy* et *Henri Muraour*, Sur une source de lumière d'intensité exceptionnelle et de très faible durée :

Page 544, ligne 26, *au lieu de*

$$N = I \times t^p,$$

lire

$$N \text{ égaux pour } I \times t^p \text{ égaux.}$$

(Séance du 18 février 1935.)

Note de M. *Jules Drach*, Sur l'Intégration logique et sur la transformation des équations de la Dynamique à deux variables :

Page 601, ligne 3, *au lieu de* dt_1^2, *lire* ds_1^2; ligne 9, *au lieu de* $\Phi^2 + \Psi^2$, *lire* $\Phi^2 - \Psi^2$.